



**Proyecto**  
Adaptación al Cambio  
Climático - PACC



# **ESTIMACIÓN DEL RIESGO A SEQUÍAS, HELADAS Y OTROS IMPACTOS DEL CAMBIO CLIMÁTICO QUE PUEDEN AFECTAR AL SECTOR AGRÍCOLA DE LA SERRANÍA DEL ECUADOR, Y EN LAS CUENCAS DE LOS RÍOS CHONE Y PORTOVIEJO**



---

## INFORME TÉCNICO

# ESTIMACIÓN DEL RIESGO A SEQUÍAS, HELADAS Y OTROS IMPACTOS DEL CAMBIO CLIMÁTICO QUE PUEDEN AFECTAR AL SECTOR AGRÍCOLA DE LA SERRANÍA DEL ECUADOR, Y EN LAS CUENCAS DE LOS RÍOS CHONE Y PORTOVIEJO

### Antecedentes

Las evidencias de cambio climático y la creciente susceptibilidad de las poblaciones ocasionada principalmente por la desordenada ocupación del territorio (zonas inestables o de fuertes pendientes proclives a deslizamientos, o de áreas inundables, o de zonas expuestas a ciclos de sequías o inundaciones), hace cada vez más necesario el desarrollo de estudios que permitan estimar la vulnerabilidad y el riesgo frente a las amenazas de cambio climático ya evidentes y la posterior propuesta de medidas de adaptación frente a ellas.

En la última década, han ocurrido una serie de fenómenos naturales que fueron ocasionalmente catastróficos y cuyo carácter destructivo causó graves desequilibrios socioeconómicos y ambientales. Se han registrado 101 desastres en nuestro país desde principios del siglo XX, lo que ha ocasionado las muertes de 15000 personas y han dejado siniestradas a más de 4 millones. Dentro de los cuales, las inundaciones, erupciones volcánicas y sequías han tenido graves consecuencias con respecto a población afectada<sup>1</sup>.

En Ecuador, la sierra cuenta con poblaciones totalmente aisladas, dónde no se puede saber con exactitud la magnitud de estos fenómenos<sup>2</sup>. La sequía en esta región tiene como consecuencia: que el funcionamiento normal de las centrales hidroeléctricas se vea alterado por la escasez de agua en los ríos, imponiéndose un racionamiento de electricidad, y ocasiona pérdidas de cultivos y la disminución de caudal de los canales de riego<sup>3</sup>.

---

<sup>1</sup> Amenazas, Vulnerabilidad, y Capacidades y Riesgo en el Ecuador. Los desastres, un reto para el desarrollo, 2003

<sup>2</sup> <http://andes.info.ec/ecuador/22-provincias-de-ecuador-afectadas-por-sequia-inundaciones-deslizamientos-y-actividad-volcanica-59974.html>

<sup>3</sup> [http://horizon.documentation.ird.fr/exl-doc/pleins\\_textes/divers10-09/010006883.pdf](http://horizon.documentation.ird.fr/exl-doc/pleins_textes/divers10-09/010006883.pdf)



Por otro lado Manabí, hasta el 25 de Marzo del 2011 se habían perdido 34000 Has de cultivos de ciclo corto en Manabí. Lo que representa el 23% de sembríos de la provincia<sup>4</sup>.

En los últimos años el país ha registrado incrementos sostenidos de temperatura, cambios en la frecuencia e intensidad de eventos extremos (sequías, inundaciones, heladas), cambios en el régimen hidrológico y retroceso de glaciares. Se ha registrado gran variación, en los últimos diez años, como el desfase de la época lluviosa y registro de precipitaciones intensas en períodos muy cortos seguidos de períodos de disminución significativa de la precipitación. En los últimos 30 años, el retroceso de los glaciares fue de alrededor del 20–30%<sup>5</sup>.

---

<sup>4</sup>El Universo. En Manabí la sequía destruyó 34 mil hectáreas de cultivos.

<http://www.eluniverso.com/2011/03/25/1/1447/manabi-sequia-destruyo-34-mil-hectareas-cultivos.html>

<sup>5</sup> Gobierno Nacional de la República del Ecuador y SENPLADES, 2007. (<http://www.crid.or.cr/digitalizacion/pdf/spa/doc17831/doc17831-c.pdf>)



---

## Índice

1.	Introducción .....	6
2.	Objetivos .....	7
2.1.	Objetivo General .....	7
2.2.	Objetivos específicos.....	8
3.	ZONA DE ESTUDIO.....	8
3.1	Ubicación área de estudio.....	11
4.	Metodología .....	12
4.1	SELECCIÓN DE CULTIVOS.....	12
4.2	FICHAS DE LOS CULTIVOS.....	13
4.3	AMENAZAS CLIMÁTICAS.....	15
4.4	PROBLEMA AMBIENTAL .....	17
4.5	PROBLEMÁTICA DE LA SIERRA ECUATORIANA.....	18
4.6	PISOS CLIMÁTICOS .....	18
4.7	DEFINICIÓN DEL RIESGO.....	20
4.8	SÍNTESIS DE LA METODOLOGÍA UTILIZADA.....	21
4.9	ZONA DE EXPOSICIÓN (ZONAS DE CULTIVOS).....	22
4.10	FÓRMULA EXPOSICIÓN Y SUSCEPTIBILIDAD AGRÍCOLA ANTE SEQUÍAS .....	22
4.10.1	INFORMACIÓN UTILIZADA .....	23
4.11	FÓRMULA VULNERABILIDAD AGRÍCOLA ANTE SEQUÍAS .....	26
4.12	FÓRMULA EXPOSICIÓN Y SUSCEPTIBILIDAD AGRÍCOLA ANTE HELADAS .....	26
4.12.1	INFORMACIÓN UTILIZADA .....	27
4.13	FÓRMULA VULNERABILIDAD AGRÍCOLA ANTE HELADAS.....	29
4.14	AMENAZAS CLIMÁTICAS.....	30
4.15	USO DEL PROGRAMA gvSIG 1.10 .....	32
5.	RESULTADOS .....	33



---

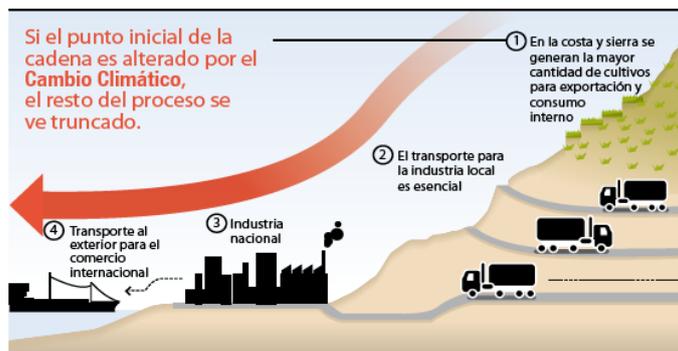
5.1 VULNERABILIDAD .....	33
5.1.1 VULNERABILIDAD AGRÍCOLA ANTE SEQUÍAS .....	33
5.1.2 VULNERABILIDAD AGRÍCOLA ANTE HELADAS .....	33
5.2 AMENAZAS CLIMÁTICAS.....	34
5.2.1 RESULTADOS DE ÍNDICE DE TENDENCIAS .....	34
5.3 RIESGO ANTE SEQUÍAS .....	39
5.4 RIESGO ANTE HELADAS .....	40
6. ELABORACIÓN DE MAPAS CON USO DEL PROGRAMA gvSIG 1.10.....	41
7. CONCLUSIONES .....	45
8. ANEXOS .....	46

## 1. Introducción

Según estudios globales de cambio climático, se prevé una reducción sobre la productividad agrícola de los países andinos, aunque con importantes diferencias espaciales. Bajo un escenario pesimista, el rendimiento de los cereales disminuiría entre el 5% y más del 30% (según se concreten o no los efectos del CO<sub>2</sub>). Otro estudio, como el de Cline 2007, estima que las pérdidas serán del orden del 20% al 30% si no se considera el efecto del CO<sub>2</sub> y del 15% al 20% si se lo considera. Para el caso de los agricultores de subsistencia, Jones y Thornton (2003) proyectan reducciones del 10% en la producción de maíz, aunque con gran variabilidad espacial e incrementos en las zonas más elevadas como el Altiplano. Para el cultivo de papa, se esperan reducciones de productividad en las zonas tropicales y subtropicales<sup>6</sup>.

Otra probabilidad alta de ocurrencia sería el desplazamiento de ecosistemas y actividades a zonas de mayor altura, hecho que sumado a la expansión de la agricultura de gran escala podría forzar el desplazamiento de campesinos y agricultores de subsistencia hacia zonas altas y más marginales, ocupando tierras de mayor pendiente y aumentando la vulnerabilidad<sup>7</sup>.

Hay que tomar en consideración que los Países Andinos producen el diez por ciento del agua del planeta, que proviene principalmente de ecosistemas alto-andinos y glaciares, los cuales drenan en su mayoría hacia la extensa Amazonía. Si existe una alteración de los caudales, tendrá un efecto catastrófico en la región tanto para el acceso a fuentes de agua, hidroenergía y agricultura, como para la conservación de los ecosistemas naturales y en particular la Amazonía, considerada como el pulmón del mundo<sup>8</sup>.



**Figura 1.** El cambio climático no tiene fronteras. Impacto del cambio climático en la comunidad andina. 2008.

<sup>6</sup> <http://www.crid.or.cr/digitalizacion/pdf/spa/doc17831/doc17831-c.pdf>

<sup>7</sup> Parte III. Efectos de los Riesgos Climáticos en el Sector Agropecuario de la Subregión Andina. <http://www.crid.or.cr/digitalizacion/pdf/spa/doc17831/doc17831-c.pdf>

<sup>8</sup> El cambio climático no tiene fronteras. Impacto del cambio climático en la comunidad andina. 2008. Disponible en línea: [http://mudancasclimaticas.cptec.inpe.br/~rmclima/pdfs/livro/libro\\_cambioclimatico1.pdf](http://mudancasclimaticas.cptec.inpe.br/~rmclima/pdfs/livro/libro_cambioclimatico1.pdf). Fecha de consulta: 9/11/2011.



Dentro de los problemas ambientales más serios en Ecuador, se encuentra la degradación de los suelos. Un estudio realizado por De Noni y Trujillo en 1986, demostró que el 12% de los suelos del país (31.500 km<sup>2</sup>) estaba expuesto a erosión activa. Múltiples factores han contribuido a la degradación de los suelos de la región, incluyendo la actividad agropecuaria, agricultura de monocultivo, alto uso de agroquímicos, labranza total y movimiento mecánico del suelo. Aunque las lluvias intensas que caen sobre los suelos expuestos comúnmente causan erosión, el alto contenido de materia orgánica de los suelos negros andinos facilita una gran infiltración. Como consecuencia, el escurrimiento solo ocurre durante los eventos de lluvia más severos, es decir, entre una o dos veces por año.

En la sierra ecuatoriana se encuentran fenómenos climáticos adversos como: sequías, heladas, viento y granizo, salinidad y erosión del suelo, los mismos que complican el desarrollo agrícola de la región. Además, esta zona tiene una reducción atmosférica de presión de CO<sub>2</sub> de un 30 a 50% en comparación con el nivel del mar, implicando una productividad de cultivos generalmente baja<sup>9</sup>.

Otra zona vulnerable, es la costa, en provincias como Manabí, que ha enfrentado graves sequías durante los últimos años. El 2011, cerró como el año más seco en la historia de la provincia, en la cual 17 de los 22 cantones fueron afectados, ganaderos y agricultores, ellos cerraron el 2011 e iniciarán el 2012 con pérdidas<sup>10</sup>.

Debido a lo anteriormente descrito, se presenta el siguiente estudio con el cual se realizó una estimación del riesgo a heladas que pueden afectar a la serranía ecuatoriana, y sequías que pueden afectar a las cuencas de los ríos Chone y Portoviejo.

## **2. Objetivos**

### **2.1. Objetivo General**

Determinar los niveles de riesgo que tiene el sector agrícola de la serranía del Ecuador (comprendida entre la cota 1000 m.s.n.m en las estribaciones exteriores de las cordilleras Occidental y Central), y en las cuencas de los ríos Chone y Portoviejo, frente a las tendencias climáticas y los escenarios de Cambio Climático futuros con relación a amenazas como: cambios de temperatura y precipitación medio, sequías, heladas, etc., así como determinar los potenciales impactos de estas amenazas al sector.

<sup>9</sup> JACOVSEN, S; SHERWOOD, S. 2002. Cultivos de granos Andinos en El Ecuador. Informe sobre los rubros, quinua, chocho y amaranto. FAO; CIP; CRS. Disponible en línea: <http://www.share4dev.info/kb/documents/3441.pdf>. Fecha de consulta: 9/11/2011.

<sup>10</sup> Ciudadanía. 20/12/2011. La sequía tiene en shock a Manabí. [http://www.ciudadaniainformada.com/noticias-ciudadania-ecuador0/noticias-ciudadania-ecuador/browse/4/ir\\_a/ciudadania/article//la-sequia-tiene-en-shock-a-manabi/favicon.ico.html](http://www.ciudadaniainformada.com/noticias-ciudadania-ecuador0/noticias-ciudadania-ecuador/browse/4/ir_a/ciudadania/article//la-sequia-tiene-en-shock-a-manabi/favicon.ico.html). Fecha de consulta: 22/02/2012.



## 2.2. Objetivos específicos

- a) Determinar las zonas de uso agrícola no diferenciado en las zonas de la sierra ecuatoriana y en la provincia de Manabí, ubicadas en la cuenca en las que el PACC trabaja, que podrían ser afectadas por sequías, heladas y otras amenazas generadas por efectos del cambio climático.
- b) Estimar agentes generadores de vulnerabilidad a las amenazas del cambio climático (sequías, heladas y otras amenazas preponderantes) y los niveles de riesgo de las diferentes zonas agrícolas de la Sierra Ecuatoriana en las que el PACC ejecuta sus actividades y en las cuencas de los ríos Chone y Portoviejo, ante las tendencias y escenarios de Cambio Climático.
- c) Generar mapas de Riesgo del Sector Agrícola en base a tendencias y escenarios futuros de Cambio Climático en la Sierra Ecuatoriana y en las cuencas de los Ríos Chone y Portoviejo.
- d) Elaborar una guía técnica para la estimación de riesgo climático en el sector agrícola de la sierra ecuatoriana de las cuencas de los ríos Paute, Jubones, Catamayo y Babahoyo y en las cuencas de los ríos Chone y Portoviejo.
- e) Socializar los resultados con actores claves para definir las posibles medidas de adaptación que se pueden aplicar en las zonas afectadas por los impactos del cambio climático, en las áreas en las que el PACC trabaja.
- f) Proveer capacitación y entrenamiento a un grupo seleccionado de hasta 15 personeros de entidades relacionadas al tema, para la utilización e interpretación de los mapas de riesgos agroclimáticos generados por la consultoría.

## 3. ZONA DE ESTUDIO

### SIERRA

*Norte: Provincias Carchi e Imbabura*

El principal sistema de producción de los agricultores a pequeña escala es papa-papa-otro cultivo (cereales [trigo, cebada, maíz o quinua], haba y pastos). La mayoría de los pequeños productores aran el suelo mediante diferentes medios: tractor, manual y yunta. La combinación depende de la época de siembra, la topografía del suelo y la disponibilidad de maquinaria. Los agricultores siembran durante todo el año, debido a la distribución homogénea de lluvias.

Los productores de mediana y gran escala, acostumbran alternar cultivos y ganadería. La rotación más común es papa-papa-pastos por dos o tres años

*Centro: Pichincha, Cotopaxi, Tungurahua, Chimborazo y Bolívar*

Existe rotación del cultivo de la papa con cereales (cebada, trigo, centeno, maíz o quinua).



Se cultivan leguminosas como: habas, arvejas y chocho, y el resto de cultivos incluye cebolla, zanahoria, oca y melloco. Un factor determinante en los sistemas de producción es la tenencia de tierras.

- Los pequeños agricultores con poca superficies de cultivo (0,5 a 1 ha) realizan períodos de rotación más cortos.
- Los productores medianos (1 a 5 ha) y grandes (5 a 50 ha) siembran sus potreros destinados a la ganadería con papa, y retornan a este cultivo en un período que fluctúa entre ocho y diez años.

La rotación más común es papa-haba, arveja-cebada, y avena-descanso o potrero (1 a 3 años).

*Sur: Cañar, Azuay y Loja*

Además de papa, la rotación típica incluye maíz, arveja, fréjol y pasto nativo.

En la zona de 2.600 a 3.200 msnm, la temperatura varía entre 10 y 13°C, presenta heladas casi todo el año.

La papa es cultivada por lo general en terrenos que inicialmente fueron pastos naturales, a veces asociada con maíz de grano. Luego se siembra arveja, cebada, trigo o maíz-choclo. Si se dispone de riego, la siembra ocurre principalmente entre mayo y junio, con la cosecha entre noviembre a diciembre.

En las parroquias de Juncal y Chorocopte del cantón Tambo, y en menor medida, en Ingapirca, Zhud, H. Vásquez y General Morales, se encuentran otros cultivos andinos, como la mashua, oca y melloco, los cuales se alternan con pasturas naturales o artificiales.

En la zona de 3.200 a 3.600 msnm se localiza el proyecto de riego Patococha. En esta zona es predominante el cultivo de papa y maíz asociados con fréjol, arveja, lenteja, haba, chocho, lechuga, zanahoria, remolacha, coliflor, cebolla y capulí.

Arriba de los 3.600 msnm existe un predominio del sistema ganadero/lechero. Siendo, la papa el cultivo de mayor importancia y se lo rota con cebada, trigo, maíz, habas y melloco. Se estima que 40% de la superficie cuenta con riego y que el 60% de los cultivos sembrados en esta zona producen bajo riego<sup>11</sup>

## Oriente

Comprende la Cordillera Oriental de los Andes, hasta la llanura del Amazonas, representa casi la mitad del territorio nacional, comprende alturas que van de los 300 a 1.500 msnm, la temperatura media anual es de 25° C con 4000 mm distribuidas durante todo el año. En esta

<sup>11</sup> JACOBSEN, S; SHERWOOD, S. 2002. Cultivo de Granos Andinos en Ecuador. Informe sobre los rubros quinua, chocho y amaranto. FAO-CIP-CRS. Quito, Ecuador. Edición Abya-Yala. 89 p. Disponible en línea: <http://www.share4dev.info/kb/documents/3441.pdf>. Fecha de consulta: 6/12/2011.



región, existe un avance no controlado de la colonización, el cual ha acelerado el deterioro de su frágil ecosistema; el colono al posesionarse de su espacio de selva tropical, tala el bosque para iniciar explotaciones agrícolas y ganaderas, que a corto plazo dejan de ser productivas por la falta de alternativas técnicas, ecológicas y económicamente variables<sup>12</sup>.

En esta región la agricultura está desarrollándose rápidamente ya que en estos tiempos se está intentando incorporar a los mercados regionales, para que esta actividad de un ingreso para así mejorar la situación económica del sector.

El nivel de productividad tanto pecuario como agrícola, ha decaído por el descenso de la fertilidad de los suelos, y el poder adquisitivo de la moneda, sin que ni siquiera esta haya alcanzado una identidad, pese a esfuerzos realizados por los propios productores como por instituciones en determinados casos.

El sistema financiero en todo el país no logra encauzar el impulso a la producción debido a las altas tasas de interés, aún con líneas preferenciales. La experiencia de los productores, son ya múltiples los problemas creados por los préstamos del Banco de Fomento, a tal punto de llegar a las condonaciones de difícil manejo en los más pobres<sup>13</sup>.

### Cuencas Río Chone y Portoviejo

Las cuencas de estos ríos reciben escurrimiento superficial desde la cordillera Chongón-Colonche. Poseen infraestructura para aprovechar el agua de riego, consumo humano e hidroelectricidad.

Los límites de la cuenca del Río Chone limita al norte con las cuencas de los ríos Briceño y Jama, al sur con las cuencas de los Ríos Portoviejo y Guayas, al este con el Océano Pacífico y la cuenca del Estero Pajonal, y al oeste con la cuenca del Río Guayas. La cuenca del río Portoviejo, ubicada al sur de la anterior, limita al norte con las cuencas del río Chone y Estero Pajonal, al sur con las cuencas de los ríos Jipijapa y Guayas, al este con el Océano Pacífico y las cuencas de los Ríos Jaramijó, Manta, Bravo y al oeste con las cuencas de los Ríos Chone y Guayas.

**Tabla 1.** Cantones dentro de las cuencas de los Ríos Chone y Portoviejo.

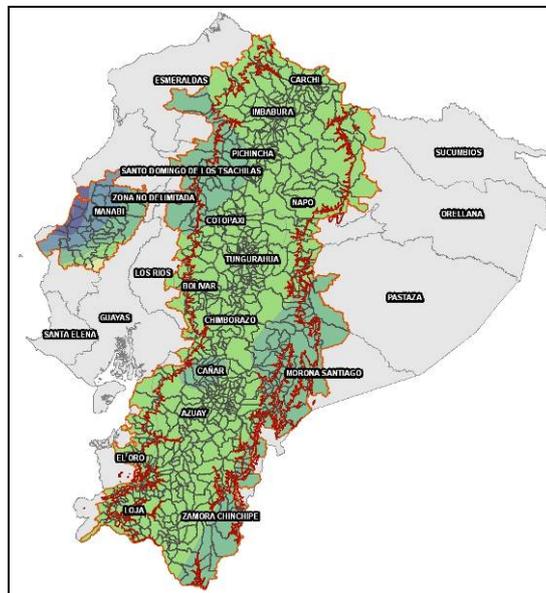
<sup>12</sup> OÑATE, R. 2003. MINISTERIO DE AGRICULTURA Y GANADERIA SUBSECRETARIA DE FOMENTO AGROPRODUCTIVO DIRECCIÓN PARA LA IMPLEMENTACIÓN DEL DESARROLLO AGROPECUARIO, AGROFORESTAL Y AGROINDUSTRIAL. I INFORME SOBRE RECURSOS ZOOGENÉTICOS ECUADOR. Coordinador Nacional de Recursos Zoogenéticos. Quito – Ecuador: DISPONIBLE EN LÍNEA: <ftp://ftp.fao.org/docrep/fao/010/a1250e/annexes/CountryReports/Ecuador.pdf>

<sup>13</sup> Manual Cultivo de Yuca. Disponible en línea: [http://www.concope.gov.ec/Ecuaterritorial/paginas/Apoyo\\_Agro/Tecnologia\\_innovacion/Agricola/Cultivos\\_Tradicionales/Manuales/MYuca/Manual\\_%20yuca.htm](http://www.concope.gov.ec/Ecuaterritorial/paginas/Apoyo_Agro/Tecnologia_innovacion/Agricola/Cultivos_Tradicionales/Manuales/MYuca/Manual_%20yuca.htm). Fecha de consulta: 15/12/2011.

Cuenca del Río Portoviejo	Cuenca del Río Chone
Sucre	Sucre
24 de Mayo	Chone
Jipijapa	Tosagua
Montecristi	Junín
Portoviejo	Bolívar
Rocafuerte	Pichincha
Santa Ana	

No existen áreas protegidas en la cuenca del Río Chone, pero alberga la totalidad del Bosque Protector Carrizal – Chone, con un área de 81,800 Has, representando un 31% del área total de la cuenca. Por otro lado, la cuenca del río Portoviejo se encuentran seis bosques protectores, totalizando 4200 Has, apenas un 2% de la superficie de la cuenca. Las cuencas rodean a la ciudad capital de la provincia de Manabí, tienen importancia como reguladores de escorrentías y protectores contra deslizamientos<sup>14</sup>.

### 3.1 Ubicación área de estudio



<sup>14</sup> PACC. 2009. Estudio de vulnerabilidad actual a los riesgos climáticos en el sector de los recursos hídricos en las cuencas de los Ríos Paute, Jubones, Catamayo, Chone, Portoviejo y Babahoyo. MAE.-PACC. Quito, Ecuador. 164 p.

**Figura 2.** Localización de las áreas de estudio arriba de la cota 1000 y cuencas del río Chone y Portoviejo en Manabí.

## 4. Metodología

### 4.1 SELECCIÓN DE CULTIVOS

Al inicio, para la selección de cultivos dentro del área de estudio, se utilizaron datos del censo agropecuario 2000, esto debido a que en la actualidad no se dispone de los resultados del censo 2010. Dentro del mapa agro productivo, el cual puede ser ubicado en la página web: [http://www.magap.gob.ec/sinagap/index.php?option=com\\_wrapper&view=wrapper&Itemid=371](http://www.magap.gob.ec/sinagap/index.php?option=com_wrapper&view=wrapper&Itemid=371). Se puede encontrar información con respecto al primer monocultivo más sembrado a nivel cantonal. Los cultivos que fueron encontrados a nivel cantonal se detallan a continuación:

**Tabla 2.** Monocultivos predominantes por Cantón

SIERRA	COSTA	ORIENTE
Papa	Cacao	Té
Fréjol	Maíz	Plátano
Maíz	Plátano	Cacao
Cebada	Café	Yuca
Tomate de árbol	Arroz	Naranjilla
Cacao	Palma Africana	Maíz
Banano	Banano	Café
Naranja		Tomate de árbol
Caña de azúcar		Papa
Orito		Caña de azúcar
Tabaco		Té
Trigo		Plátano

La información presentada en la tabla 1 corresponde a los cultivos que se encuentran localizados dentro de la cota 1000 y cotas superiores; así como los incluidos en las cuencas de los ríos Chone y Protoviejo de la provincia de Manabí. Como podrá apreciarse, incluye tres regiones, ya que abarca parte de las provincias de la costa y oriente.

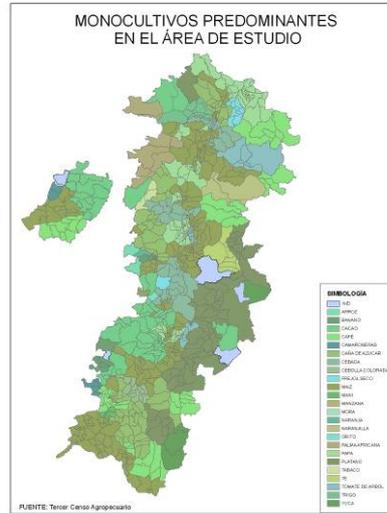


Figura 3. Monocultivos predominantes en la zona de estudio.

#### 4.2 FICHAS DE LOS CULTIVOS

De cada uno de los cultivos mencionados en la tabla 1, fue necesario realizar una investigación sobre las condiciones agroclimáticas óptimas para su desarrollo<sup>15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31 32 33 34 35 36 37</sup>, dentro de las cuales se obtuvieron datos de:

<sup>15</sup> <http://www.crystal-chemical.com>

<sup>16</sup> <http://www.docstoc.com/docs>

<sup>17</sup> VOYSEST, O. 2000. Mejoramiento genético del frijol. Legado de variedades de América Latina 1930-1999. (Phaseolos vulgaris). CIAT

<sup>18</sup> ARIAS, J; RENGIFO, T; JARAMILLO, M. (2007). Manual. Buenas Prácticas Agrícolas, en la producción de Frijol Voluble. FAO. Medellín, Colombia. 167 p.

<sup>19</sup> <http://www.reddelcampo.net/redcampo/files/FICHA%20-%20maiz.pdf>

<sup>20</sup> <http://www.dicyt.com>

<sup>21</sup> <http://www.inifapcirpac.gob.mx>

<sup>22</sup> <http://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/17205/1/D-90876.pdf>

<sup>23</sup> Vera (2009); Pastorelly; *et al* (2006)

<sup>24</sup> <http://www.sag.gob.hn/infoagro/cadenas/fichas/Ficha%20tecnica%20platanos.pdf>

<sup>25</sup> ICAFE. 1998. INSTITUTO DEL CAFÉ DE COSTA RICA (ICAFFE) CENTRO DE INVESTIGACIONES EN CAFÉ UNIDAD DE INVESTIGACIÓN Y TRANSFERENCIA DE TECNOLOGÍA EN CAFÉ. MANUAL DE RECOMENDACIONES PARA EL CULTIVO DE CAFÉ. Heredia, Costa Rica. 195 p.

<sup>26</sup> Llerena, (2005); Juez; Molina; Santos, (2004).



- 
- Precipitación
  - Horas luz
  - Temperatura óptima
  - pH
  - Ciclo del cultivo
  - Variedades presentes en el país

Es importante indicar que, esta capa de información fue tomada como una referencia para el estudio, debido a que la resolución de la capa es a nivel cantonal y no parroquial, por lo que no fue considerada en el mismo.

La información utilizada para obtener el área de cultivos o zona de exposición, fue la capa del MAGAP-IICA-CLIRSEN 2011, sobre uso de suelos, a partir de estos datos se procedió a determinar las zonas de cultivo dentro del área de estudio, lo que fue considerado como el factor de exposición para la estimación de del riesgo. El área de cultivos se muestra a continuación.

---

27

<http://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/7683/1/TESIS%20TERMINADA%20CONGLOMERADO.doc>

28 [http://www.cadenahortofruticola.org/admin/bibli/415compendio\\_cultivo\\_yuca.pdf](http://www.cadenahortofruticola.org/admin/bibli/415compendio_cultivo_yuca.pdf)

29 <http://www.crystal-chemical.com/cebolla.htm>.

30 <http://www.tradecorp.com.mx>

31 <http://www.concope.gov.ec>

32 <http://www.zamorano.edu/gamis/frutas/mora.pdf>

33 [http://redsecta.org/pdf\\_files/Documento\\_Naranjilla.pdf](http://redsecta.org/pdf_files/Documento_Naranjilla.pdf)

34 <http://186.3.16.124/bitstream/123456789/110/3/MARKETING-OO7.pdf>.

35 <http://www.made-in-argentina.com>

36 <http://www.crystal-chemical.com/arroz.htm>

37 [www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/3811/.../8249.docx](http://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/3811/.../8249.docx).

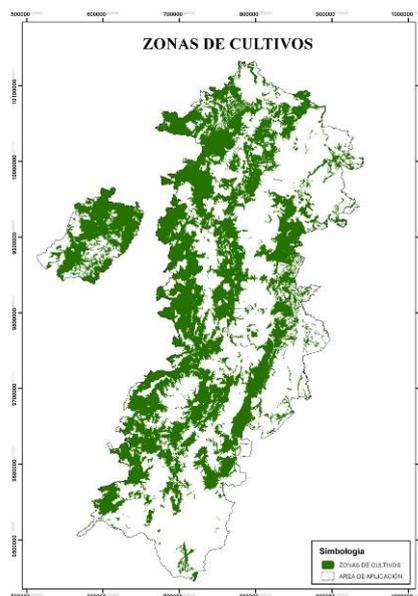


Figura 4. Zona de cultivos o Área de exposición

### 4.3 AMENAZAS CLIMÁTICAS

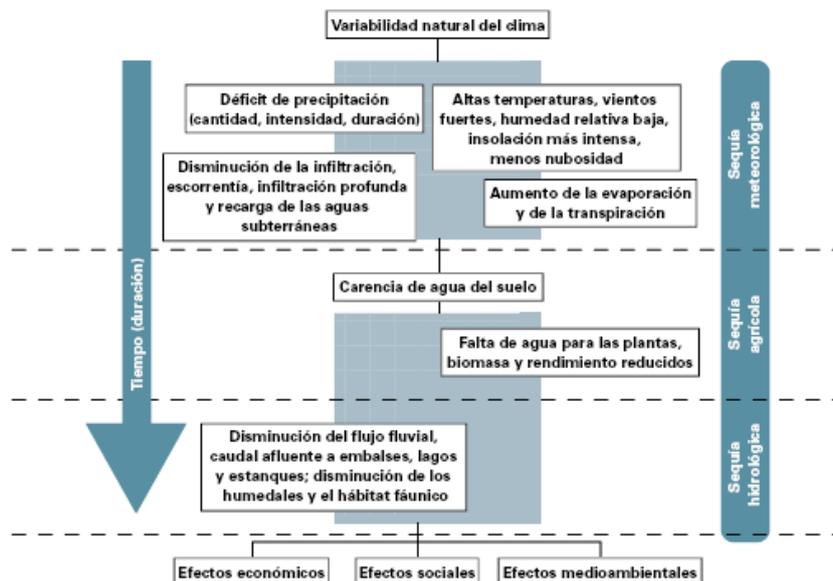
#### SEQUÍAS

La sequía se produce a raíz de niveles de precipitación inferiores a lo esperado o a lo normal y que, cuando se extiende durante una estación o por períodos más largos, hace que las precipitaciones sean insuficientes para responder a las demandas de la sociedad y del medio ambiente.

Los efectos de las sequías implican áreas geográficas más extensas que las afectadas por otros fenómenos tales como crecidas, tempestades tropicales o sismos. Complementario a la manera imperceptible en que se manifiesta la sequía, hace difícil medir sus efectos y es más difícil prestar asistencia en caso de desastre, en comparación con otros fenómenos perjudiciales<sup>38</sup>.

La sequía puede dividirse en tres clasificaciones: meteorológica, agrícola e hidrológica, las cuales son descritas en la Figura 5.

<sup>38</sup> OMM. 2006. Vigilancia y alerta temprana de la sequía: conceptos, progresos y desafíos futuros. Información meteorológica y climática para el desarrollo agrícola sostenible. OMM-Nº 1006. Disponible en línea: <http://www.wamis.org/agm/pubs/brochures/wmo1006es.pdf>. Fecha de consulta: 8/12/2011.



**Figura 5.** Secuencia de sucesos de sequía y de sus efectos para tipos de sequías comúnmente aceptados. Todas las sequías son consecuencia de un déficit de precipitación o de sequía meteorológica, que a su vez puede provocar otros tipos de sequía y de efectos (Fuente: OMM).

## HELADAS

Es la ocurrencia de una temperatura del aire de 0 °C o inferior, medida a una altura de entre 1,25 y 2,0 m por encima del nivel del suelo, dentro de una garita meteorológica adecuada.

El agua que se localiza dentro de las plantas puede que se congele o no durante un evento de helada, dependiendo de varios factores de evitación (e.g. superenfriamiento y concentración de bacterias nucleadoras de hielo).

La “congelación” sobreviene cuando el agua extracelular dentro de la planta se congela (i.e. cambia de líquido a hielo). Pudiendo dañar o no el tejido de la planta, según factores de tolerancia (ej.: contenido de solutos de las células).

Un evento de helada se convierte en un evento de congelación cuando se forma hielo extracelular dentro de las plantas. El daño por congelación ocurre cuando la temperatura del tejido de las plantas cae por debajo de un valor crítico donde hay condición fisiológica irreversible que conduce a la muerte o al funcionamiento incorrecto de las células de las plantas.

Existen dos tipos de heladas: De Radiación y de Advección:

- **Las heladas de radiación:** Caracterizadas por un cielo despejado, en calma o con poco viento, inversión de temperatura, temperaturas del punto de rocío bajas y

temperaturas del aire que normalmente caen por debajo de 0 °C durante la noche pero que están por encima de 0 °C durante el día. Existen dos sub categorías:

- Helada Blanca: Ocurre cuando el vapor de agua se deposita sobre la superficie y forma una capa blanca de hielo que se denomina normalmente "escarcha". Cuando la humedad es alta, el hielo es más probable que se deposite y se produce una "helada blanca"
- Helada Negra: ocurre cuando la temperatura cae por debajo de 0 °C y no se forma hielo sobre la superficie. Si la humedad es suficientemente baja, entonces la temperatura de la superficie puede que no alcance la temperatura del punto de formación de hielo y no se formará escarcha.
- **Las heladas de advección:** se producen cuando el aire frío fluye en un área para reemplazar el aire más caliente que estaba presente antes del cambio meteorológico. Está asociada con condiciones de nubosidad, vientos de moderados a fuertes, sin inversión de temperatura y baja humedad. A menudo las temperaturas caerán por debajo del punto de fusión (0 °C) y permanecerán así todo el día. Son difíciles de combatir<sup>39</sup>.

#### 4.4 PROBLEMA AMBIENTAL

##### EROSIÓN

En la región Sierra, encontramos que 67.39% de los suelos se encuentran en estado crítico de erosión<sup>40</sup>. Varias provincias presentan este problema, por causa de la agricultura. En casos extremos, particularmente en suelos superficiales, la capa fértil ha desaparecido dejando al descubierto un suelo de cementación de sílica y carbonatos y poco arable.

Los factores que han contribuido a la degradación de los suelos de la región son: la actividad agropecuaria, agricultura de monocultivo, alto uso de agroquímicos, labranza total y movimiento mecánico del suelo.

---

<sup>39</sup> SNYDER, R; MELO-ABREU, J. 2010. Protección contra las Heladas. Fundamentos, práctica y economía. Vol 1. FAO. Roma. 241p. Disponible en línea: <http://www.fao.org/docrep/012/y7223s/y7223s.pdf>

40

<http://secsuelo.org/PDF%20todo%20simposio/PDF%20Conservacion/Conservacion%20Ponencias/1.%20Ing.%20Edwin%20Chela.pdf>.



Aunque las lluvias intensas que caen sobre los suelos expuestos comúnmente causan erosión, el alto contenido de materia orgánica de los suelos negros andinos facilita una gran infiltración. Como consecuencia, el escurrimiento solo ocurre durante los eventos de lluvia más severos, es decir, entre una o dos veces por año.

El uso de tractores en pendientes relativamente moderadas a severas (25 a 35 grados) ha resultado en la traslocación hacia abajo de grandes cantidades de suelo. En forma consistente a través de los Andes ecuatorianos, el cultivo mecanizado en laderas ha aumentado dramáticamente en las últimas décadas, hasta el punto en que el uso de tractores ha sido la principal causa de erosión física y degradación de los suelos<sup>41</sup>.

Otra provincia fuera de la región Sierra que se ve muy afectada por erosión muy activa y activa, es Manabí con un 28% a nivel provincial. Otro factor negativo alarmante para la producción de cultivos<sup>42</sup>.

#### **4.5 PROBLEMÁTICA DE LA SIERRA ECUATORIANA**

El factor socioeconómico a más de haber elevado los costos de producción, ha agravado el proceso migratorio, causando escasez de mano de obra en el campo.

El acceso a insumos se mantiene, así como la posibilidad de aplicar nuevos conocimientos o prácticas en los cultivos. La dificultad radica en la falta de capital operativo. En consecuencia, muchos productores están optando por nuevas incursiones "más seguras"; ejemplo: lo que antes era Papa, Maíz o Cebada, ahora es Ganadería. Las fuentes de crédito para unos existen, pero a costos difícilmente financiables; en cambio para otros, el crédito es inaccesible.

En general, el sector rural está seriamente desatendido en infraestructura básica: carece de caminos adecuados, hospitales y de un servicio eficiente de extensión<sup>43</sup>

#### **4.6 PISOS CLIMÁTICOS**

Para realizar el siguiente estudio, se utilizó la clasificación por pisos climáticos<sup>44</sup>, del callejón interandino, y de esta forma se determinó por altitud e información del censo agropecuario, la distribución de los cultivos en esta área.

---

<sup>41</sup> De Noni, G y Trujillo, G. Degradación del suelo en el Ecuador. Principales causas y algunas reflexiones sobre la conservación de este recurso. [http://horizon.documentation.ird.fr/exl-doc/pleins\\_textes/cc-2010/26531.pdf](http://horizon.documentation.ird.fr/exl-doc/pleins_textes/cc-2010/26531.pdf)

<sup>42</sup><http://observatoriopoliticaambiental.org/categoria-indicadores/89-indicadores-de-cambio-climatico/71-la-erosion-del-suelo-en-el-ecuador>

<sup>43</sup> Correo electrónico del Ing. Iván A. Reinoso. Programa de Papa, INIAP. Estación "Santa Catalina".

<sup>44</sup> JACOBSEN, S; SHERWOOD, S. 2002. Cultivo de Granos Andinos en Ecuador. Informe sobre los rubros quinua, chocho y amaranto. FAO-CIP-CRS. Quito, Ecuador. Edición Abya-Yala. 89 p. Disponible en línea: <http://www.share4dev.info/kb/documents/3441.pdf>. Fecha de consulta: 6/12/2011.



---

Los pisos ecológicos se dividen en:

– **Andino** (más de 3.600 msnm)

Las especies mejor adaptadas y más difundidas son las raíces y tubérculos andinos, entre ellos papa, haba y cebada. Este sistema incluye pastoreo extensivo de animales domésticos, especialmente de ovinos. Ocurren frecuentemente las heladas, sobre todo en las hondonadas y planicies. De forma ocasional, sobrevienen granizadas, fuertes vientos y aguaceros. El uso de abonos químicos ha permitido que la tierra de los páramos sea cultivada por cuatro a cinco años. En los últimos años, el período tradicional de descanso en barbecho se ha reducido de cinco a tres años. (Dentro del mapa de geomorfología destacar sitios de hondonadas y planicies a alturas superiores a los 3.600 msnm. Como sitios de mayor vulnerabilidad a heladas).

– **Subandino** (3.200 a 3.600 msnm)

El piso subandino se identifica por la mayor presencia de producción de granos, como el trigo y la lenteja. Se encuentran animales de pastoreo, principalmente el ganado bovino y equino. Zona con menor riesgo de pérdidas por problemas climáticos. Es común que la tierra se cultive por un período de cinco a seis años y que luego descansa por un año.

– **Interandino** (2.800- 3.200 msnm)

El piso interandino posee una diversidad de cultivos, incluyendo maíz, zambo, chocho, alfalfa y lenteja verde, y por el uso continuo del suelo. En este piso, al igual que en los otros, son comunes los animales de pastoreo más intensivo, como el ganado de leche y especies mejoradas. Riesgos climáticos mínimos.

– **Trasandino.**

Para el caso específico de este estudio se incrementó un piso entre los 1000 y 2800 m. para cubrir el área de estudio.

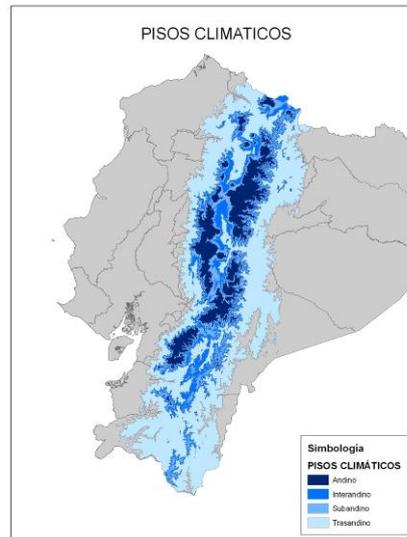


Figura 6. Pisos Climáticos

Fuente: JACOBSEN, S; SHERWOOD, S. 2002. Cultivo de Granos Andinos en Ecuador. Informe sobre los rubros quinua, chocho y amaranto. FAO-CIP-CRS.

#### 4.7 DEFINICIÓN DEL RIESGO

El riesgo se define como una combinación de la probabilidad de que se produzca un evento y sus consecuencias negativas. Está compuesto por amenaza y vulnerabilidad.

La amenaza puede ser un fenómeno, sustancia, actividad humana o condición peligrosa que puede ocasionar la muerte, lesiones y otros impactos a la salud, al igual que daños a la propiedad, pérdida de medios de producción y servicios, trastornos sociales y económicos, o daños ambientales. La amenaza es determinada en función de su intensidad y frecuencia.

Vulnerabilidad son aquellas características y circunstancias de una comunidad, sistema o bien que los hacen susceptibles a los efectos dañinos de una amenaza<sup>45</sup>. Conlleva a una combinación de factores que establecen el grado hasta el cual la vida y la subsistencia de alguien queda en riesgo por un incidente distinto e identificable de la naturaleza o sociedad<sup>46</sup>.

Según lo anterior la fórmula de riesgo se compone de la siguiente forma:

$$\text{RIESGO} = \text{AMENAZA} * \text{VULNERABILIDAD}$$

<sup>45</sup> YCAZA, P; MANOBANDA, N. 2009. Implementación de Mapas de Riesgo Agroclimáticos, 46-62. En guía Técnica para la Implementación de un Sistema Regional de Información Aplicada a la gestión de Riesgo Agrícola en los Países Andinos, Martínez, R., Mascarenhas, A, Alvarado, A., (ed)., 2009. Centro Internacional para la Investigación del Fenómeno de El Niño – CIIFEN, p 1-160.

<sup>46</sup> BLAIKIE, P; CANNON, T; DAVIS, J; WISNER, B. 1996. Vulnerabilidad. El entorno social, político y económico de los desastres. LA RED – ITDG. Tercer Mundo Editores. Santa Fé de Bogotá, Colombia. 374 p.

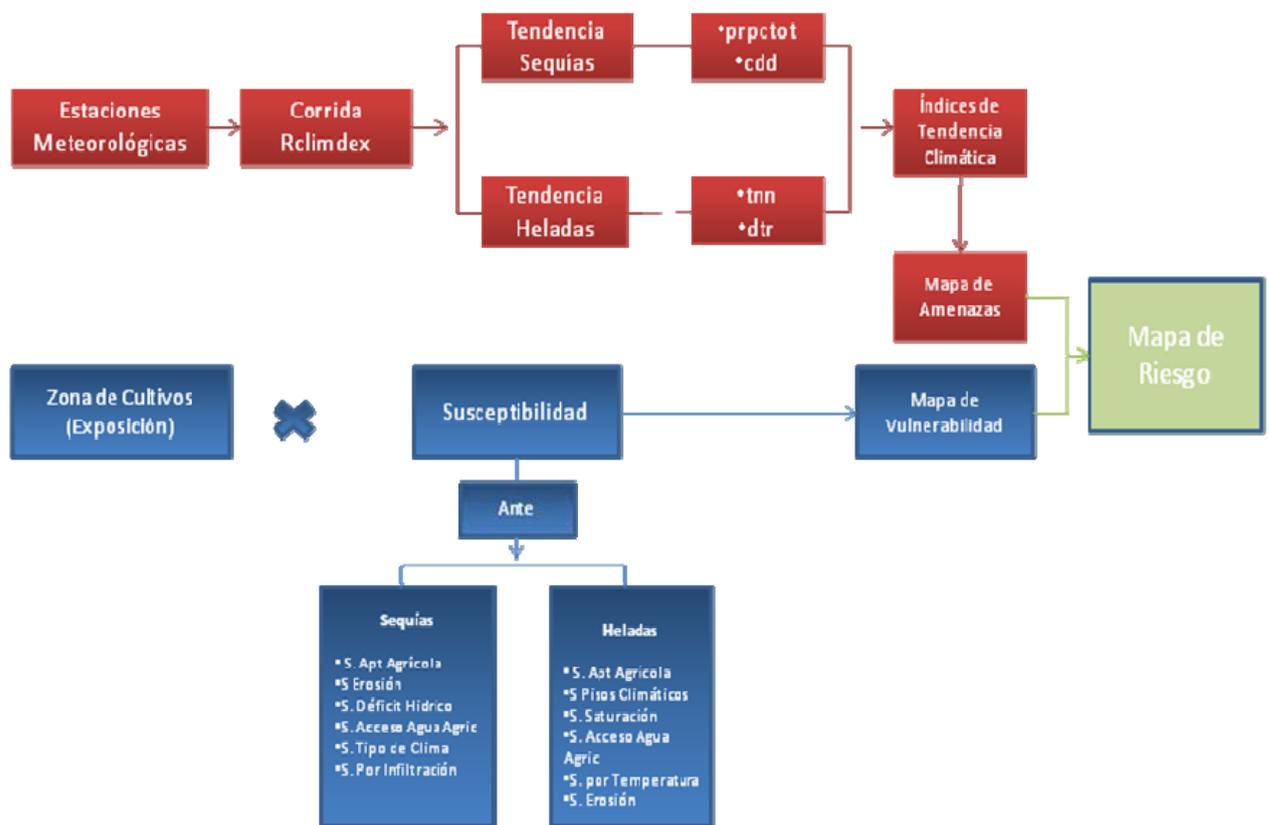
La vulnerabilidad comprende la exposición y susceptibilidad, siendo su fórmula:

$$\text{VULNERABILIDAD} = \text{EXPOSICIÓN} * \text{SUSCEPTIBILIDAD}$$

Exposición, implica un estado de desventaja debido a la ubicación, posición o localización de un sujeto, objeto o sistema expuesto al riesgo.

Susceptibilidad, se define como el nivel de fragilidad interna de un sujeto, objeto o sistema para resistir una amenaza y recibir un posible impacto debido a la ocurrencia de un evento adverso<sup>47</sup>.

#### 4.8 SÍNTESIS DE LA METODOLOGÍA UTILIZADA



Esquema 1. Metodología utilizada

<sup>47</sup> YCAZA, P; MANOBANDA, N. 2009. Implementación de Mapas de Riesgo Agroclimáticos, 46-62. En guía Técnica para la Implementación de un Sistema Regional de Información Aplicada a la gestión de Riesgo Agrícola en los Países Andinos, Martínez, R., Mascarenhas, A, Alvarado, A., (ed)., 2009. Centro Internacional para la Investigación del Fenómeno de El Niño – CIIFEN, p 1-160.

#### 4.9 ZONA DE EXPOSICIÓN (ZONAS DE CULTIVOS)

A partir de la información de obtenida de MAGAP-IICA-CLIRSEN 2011, sobre uso de suelos, se procedió a determinar las zonas de cultivo dentro del área de estudio, lo que fue considerado como el factor de exposición para la estimación de del riesgo. Se generó un archivo binario con asignación del valor de 1 a las zonas de cultivos y 0 a las zonas no cultivadas

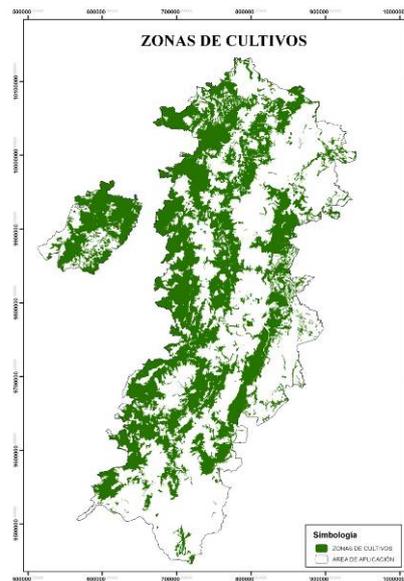


Figura 7. Área de exposición

#### 4.10 FÓRMULA EXPOSICIÓN Y SUSCEPTIBILIDAD AGRÍCOLA ANTE SEQUÍAS

$$\text{Exp-agr}_{(\text{sequía})} = \text{Superficies cultivadas}$$

$$\text{Sus agr}_{(\text{sequía})} = \text{Apt-agr} + \text{Eros} + \text{Def\_Hid} + \text{Acc\_ag\_agr} + \text{Tipo\_clima} + \text{Infiltr}$$

Donde:

Apt-agr	Susceptibilidad por Aptitud agrícola
Eros	Susceptibilidad a la erosión
Def_hid	Susceptibilidad por déficit hídrico
Acc_ag_agr	Susceptibilidad por acceso al agua para agricultura
Tipo_clima	Susceptibilidad tipo de clima (Precipitaciones)
Infiltr	Susceptibilidad infiltración

## 4.10.1 INFORMACIÓN UTILIZADA

### 4.10.1.1 SUSCEPTIBILIDAD POR APTITUD AGRÍCOLA

A partir de la información de ODEPLAN fueron valoradas las diferentes categorías de aptitud agrícola, asignándosele un valor de 1 (menor susceptibilidad) a aquellas zonas con mayor aptitud agrícola y el valor de 5 a aquellas zonas no aptas para agricultura (mayor susceptibilidad)

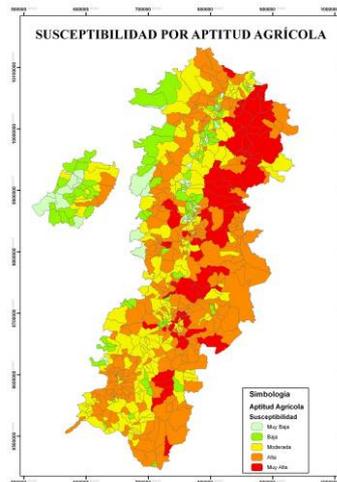


Figura 8. Susceptibilidad por Aptitud Agrícola

### 4.10.1.2 SUSCEPTIBILIDAD A LA EROSIÓN

A partir de la capa de susceptibilidad a la erosión de ODEPLAN se procedió a valorar las diferentes categorías y a la respectiva asignación de los valores resultantes dentro de los límites de cada parroquia (5 - zonas con mayor susceptibilidad a la erosión y 1 – zonas con menor susceptibilidad a la erosión).

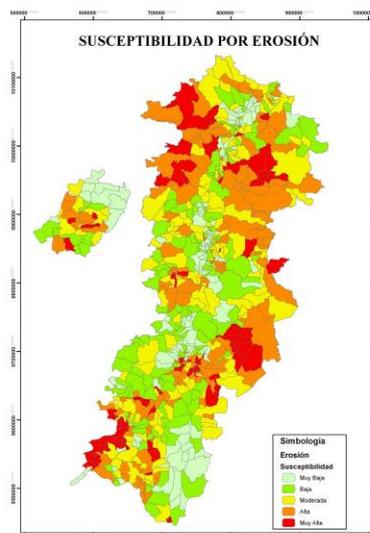


Figura 9. Susceptibilidad a la Erosión.

#### 4.10.1.3 SUSCEPTIBILIDAD POR ACCESO AL AGUA

La susceptibilidad por acceso al agua fue obtenido a partir de la información del IGM relacionada con represas, ríos, acequias lagos/lagunas y pozos asignándoles pesos en relación a su importancia (40 represas, 22 ríos, 18 acequias, 15 lagos y 5 pozos). Una vez obtenidos los valores, se procede a realizar una suma total, con esta suma se procede a levantarlos a un nivel parroquial.

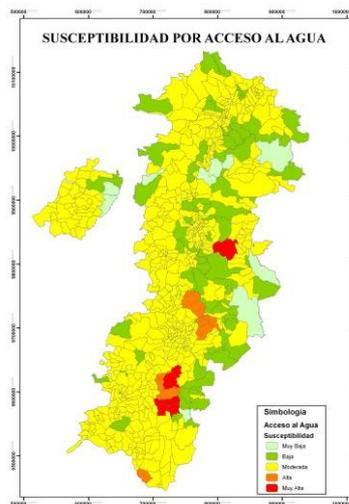


Figura 10. Susceptibilidad por Acceso al Agua

#### 4.10.1.4 SUSCEPTIBILIDAD ANTE DÉFICIT DE PRECIPITACIÓN REGISTRADA

Mediante la valoración de las categorías climáticas de Holdridge en cuanto a precipitación y los niveles de lluvias de ODEPLAN se obtuvo una capa híbrida a partir de la cual se realizó el cálculo de los respectivos niveles de lluvias dentro de los límites de cada parroquia.

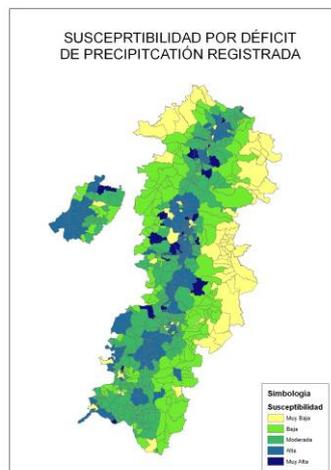


Figura 11. Susceptibilidad ante Déficit de Precipitación Registrada.

#### 4.10.1.5 SUSCEPTIBILIDAD POR DÉFICIT HÍDRICO

A partir de la digitalización del mapa de déficit hídrico nacional elaborado por SIGAGRO-MAGAP (2008), se valoraron las diferentes categorías de déficit hídrico (5 – mayor déficit y 1 – menor déficit) y referidos luego los valores resultantes dentro de los límites de cada parroquia.

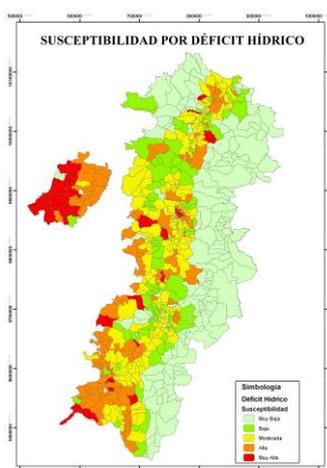


Figura 12. Susceptibilidad por Déficit Hídrico.

#### 4.10.1.6 SUSCEPTIBILIDAD POR INFILTRACIÓN

Se estimó un porcentaje de cada polígono en base a la totalidad en Has de cada Parroquia A partir de la capa de información pendiente, textura y uso de suelos valorizada, se sumaron estos tres valores, después se obtuvo un porcentaje en base a la totalidad por Has de cada parroquia, esto fue multiplicado por la sumatoria de pendiente, textura y uso de suelos, anteriormente valorada, y a continuación se obtuvo el valor total por parroquias (Infiltración). A este valor se le asignó valores entre 1 menor infiltración y 5 mayor infiltración, para obtener la susceptibilidad, por medio de la fórmula:

$$S. \text{ Infiltración} = \text{Infiltración} * 5 / \text{Mayor Valor Infiltración}$$

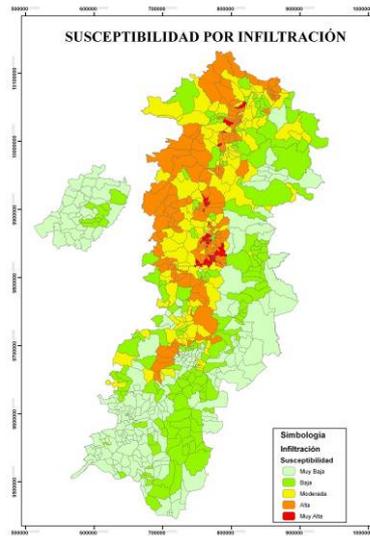


Figura 13. Susceptibilidad por Infiltración.

#### 4.11 FÓRMULA VULNERABILIDAD AGRÍCOLA ANTE SEQUÍAS

$$Vs\text{-agr}_{(\text{sequía})} = \text{Exp}_{(\text{sequía})} * \text{Sus}\text{-agr}_{(\text{sequía})}$$

Donde:

Exp<sub>(sequía)</sub> Exposición a sequías

Sus-agr<sub>(sequía)</sub> Susceptibilidad agrícola por sequías

#### 4.12 FÓRMULA EXPOSICIÓN Y SUSCEPTIBILIDAD AGRÍCOLA ANTE HELADAS

$$\text{Exp}\text{-agr}_{(\text{heladas})} = \text{Superficies cultivadas}$$

$$\text{Sus agr}_{(\text{heladas})} = \text{Apt}\text{-agr} + \text{Pisos climáticos} + \text{Stura} + \text{Eros} + \text{Acc\_Agua} +$$

Donde:

Apt-agr Susceptibilidad por aptitud agrícola

Pisos climáticos Susceptibilidad ante pisos climáticos

Satura Susceptibilidad saturación

Eros Susceptibilidad a la erosión

Acc\_agua Susceptibilidad por acceso al agua para agricultura

Temperatura Susceptibilidad por temperatura



---

## 4.12.1 INFORMACIÓN UTILIZADA

### 4.12.1.1 SUSCEPTIBILIDAD POR APTITUD AGRÍCOLA, EROSIÓN Y ACCESO AL AGUA

Para realizar el cálculo se utilizaron las capas de información sobre susceptibilidad por: aptitud agrícola, erosión y acceso al agua; utilizadas en la fórmula exposición y susceptibilidad agrícola ante sequías.

### 4.12.1.2 SUSCEPTIBILIDAD POR PISOS CLIMÁTICOS

Se valoraron los pisos climáticos (altura), en base a la susceptibilidad que estos pueden representar para la presencia de heladas:

- 1 Pie de Monte menos de 1000 msnm.
- 2 Trasadino 1000 – 2800 msnm
- 3 Interandino 2800 – 3200 msnm
- 4 Subandino 3200-3600 msnm
- 5 Andino 3600 en adelante msnm

En base a la información bibliográfica, se obtuvo el límite de los pisos climáticos<sup>48</sup>. Siendo el Andino el más vulnerable hasta el trasandino el menos vulnerable ante heladas.

Para el caso específico de este estudio se recomendó incrementar dos pisos que serían: el “trasandino” entre los 1000 y 2800 m, y “pie de monte” para incluir áreas debajo del área de estudio (parroquias seccionadas por la cota 1000), para cubrir el área requerida por este estudio.

---

<sup>48</sup> JACOBSEN, S; SHERWOOD, S. 2002. Cultivo de Granos Andinos en Ecuador. Informe sobre los rubros quinua, chocho y amaranto. FAO-CIP-CRS. Quito, Ecuador. Edición Abya-Yala. 89 p. Disponible en línea: <http://www.share4dev.info/kb/documents/3441.pdf>. Fecha de consulta: 6/12/2011.



$$S. \text{ Saturación} = \text{Abs}[(\text{Infiltración}/V. \text{ max infiltración}) * 5 - 5]$$

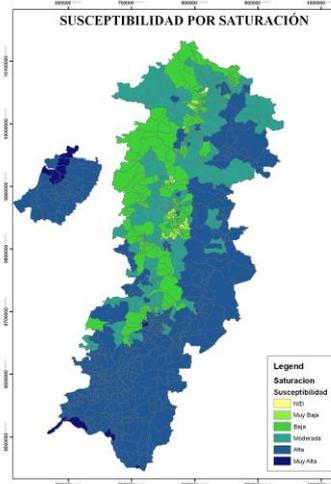


Figura 18. Susceptibilidad por Saturación

#### 4.12.1.4 SUSCEPTIBILIDAD POR TEMPERATURAS

Mediante la valoración de las temperaturas de ODEPLAN, se obtuvo la capa de susceptibilidad por temperaturas ante heladas.

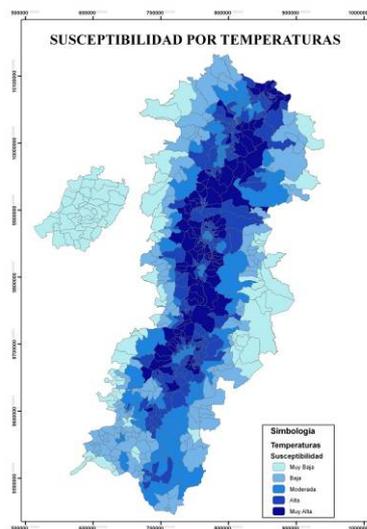


Figura 19. Susceptibilidad por Temperaturas.

#### 4.13 FÓRMULA VULNERABILIDAD AGRÍCOLA ANTE HELADAS

La vulnerabilidad agrícola ante heladas, se estimó mediante la intersección de la capa de susceptibilidad agrícola ante heladas con la capa de zonas agrícolas, asumiéndose ésta última como una capa binaria (1 – zonas cultivadas y 0 – zonas sin cultivos)

#### 4.14 AMENAZAS CLIMÁTICAS

Mediante la corrida del programa Rclimdex, en base a datos de 30 años de mediciones, en estaciones pertenecientes a al INAMHI, se calcularon las tendencias dentro del área de estudio, en la figura No. se ubican las estaciones utilizadas en la presente investigación:

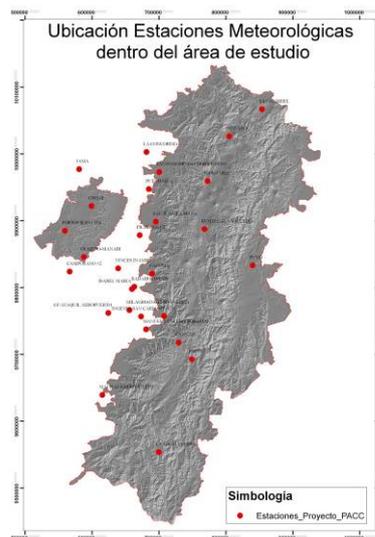
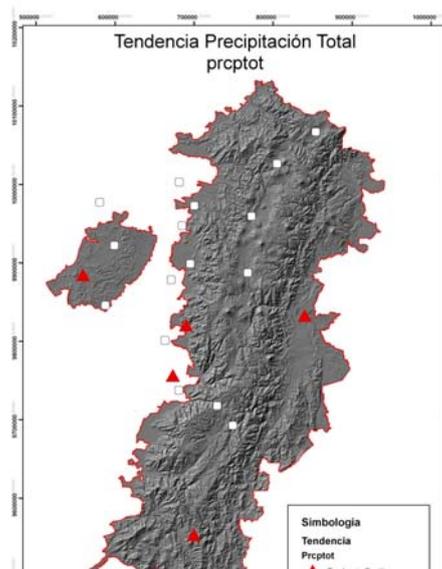
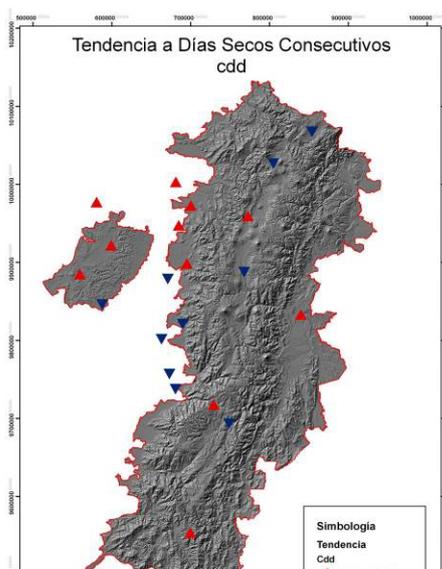


Figura 20. Ubicación de estaciones meteorológicas utilizadas en el estudio.

Para el cálculo de las tendencias ante sequías se utilizaron los índices:

INDICES	DESCRIPCIÓN	OBSERVACIONES
cdd	Días secos consecutivos	<ul style="list-style-type: none"> <li>Indica la tendencia de días secos consecutivos, positiva o negativa de la zona de estudio.</li> </ul>
prcptot	Precipitación total anual	<ul style="list-style-type: none"> <li>Indica la tendencia de la precipitación total anual positiva o negativa.</li> </ul>
		<ul style="list-style-type: none"> <li></li> </ul>



**Figura 21 y 22.** Tendencia a Días Secos Consecutivos y Tendencia a Precipitación Total

Para el cálculo de las tendencias ante heladas se utilizaron los siguientes índices:

INDICES	DESCRIPCIÓN	OBSERVACIONES
dtr	Variación térmica diaria	<ul style="list-style-type: none"> <li>Indica la tendencia de la variación térmica diaria positiva o negativa de la zona en estudio.</li> </ul>
tnn	Noches frías	<ul style="list-style-type: none"> <li>Representa la tendencia de las noches frías.</li> <li>Se incluyó información de estaciones climáticas sobre los 1000 msnm.</li> <li>En estaciones sobre los 2100 msnm, el índice si representaría tendencia a heladas: <ul style="list-style-type: none"> <li>– LA ARGELIA-LOJA</li> <li>– PAUTE</li> <li>– OTAVALO</li> <li>– RUMIPAMBA-SALCEDO</li> <li>– SAN GABRIEL</li> <li>– IZOBAMBA</li> <li>– CAÑAR</li> </ul> </li> </ul>

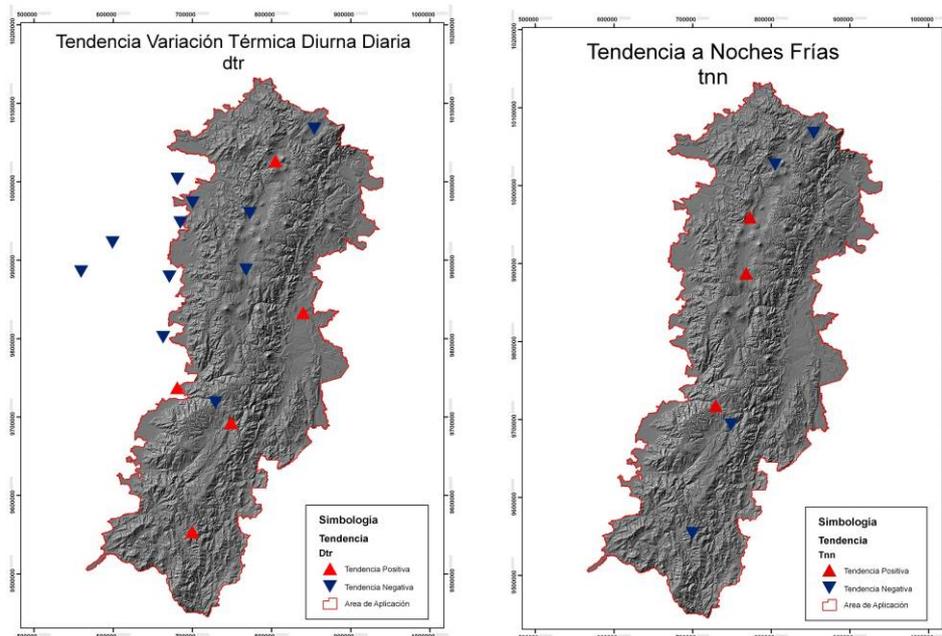


Figura 23 y 24. Tendencia Variación Térmica Diurna y Tendencia a Noches Frías.

#### 4.15 USO DEL PROGRAMA gvSIG 1.10

El programa gvSIG está orientado al manejo de información geográfica. Es caracterizado por una interfaz amigable y sencilla, con capacidad para acceder a los formatos más usuales (ráster y vectoriales). gvSIG además permite integrar datos en una vista, tanto locales como remotos, por medio de un origen WMS (Web Map Service), WFS (Web Feature Service,) WCS (Web Coverage Service) o JDBC (Java Database Connectivity).

Tiene como objetivo usuarios finales de información geográfica, profesionales o personal de Administraciones Públicas (Ayuntamientos, Diputaciones, Consejerías o Ministerios).

Su aplicación es de código abierto, con licencia GPL (General Public License o licencia pública general) y gratuita<sup>49</sup>.

Este programa se ha utilizado en el proyecto como un visualizador de los mapas creados a partir del ARCMAP.

<sup>49</sup> [http://www.gvsig.org/web/projects/gvsig-desktop/docs/user/gvsig-desktop-1-10-manual-de-usuario/gvsig-desktop-1-10-manual-de-usuario/gvsig\\_freemind\\_toc\\_view?doc=Manual\\_usuario\\_gvsig-1.10/Introducción\\_a\\_gvsig/\\_¿Qué\\_es\\_gvsig?](http://www.gvsig.org/web/projects/gvsig-desktop/docs/user/gvsig-desktop-1-10-manual-de-usuario/gvsig-desktop-1-10-manual-de-usuario/gvsig_freemind_toc_view?doc=Manual_usuario_gvsig-1.10/Introducción_a_gvsig/_¿Qué_es_gvsig?)

## 5. RESULTADOS

### 5.1 VULNERABILIDAD

#### 5.1.1 VULNERABILIDAD AGRÍCOLA ANTE SEQUÍAS

Puede apreciarse una mayor vulnerabilidad en la zona central de la sierra y en la parte sur de las cuencas Chone y Portoviejo.

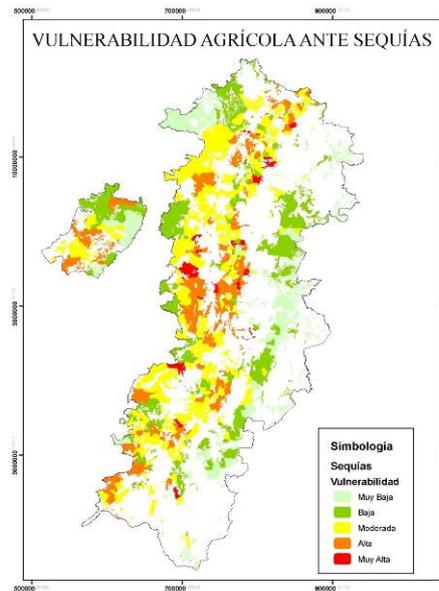


Figura 25. Vulnerabilidad Agrícola ante Sequías

#### 5.1.2 VULNERABILIDAD AGRÍCOLA ANTE HELADAS

Se puede apreciar alta vulnerabilidad en la parte central de la sierra ecuatoriana. En sus alrededores se observa una vulnerabilidad moderada.

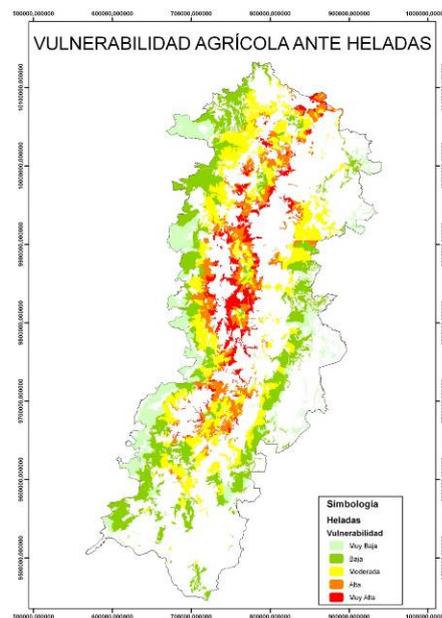


Figura 26. Vulnerabilidad Agrícola ante Heladas.

## 5.2 AMENAZAS CLIMÁTICAS

### 5.2.1 RESULTADOS DE ÍNDICE DE TENDENCIAS

#### 5.2.1.1 INTERPOLACIÓN

Con la herramienta Geostatistical Analyst se interpoló los valores de cada uno de los índices de tendencia, utilizando el método Kriging. El resultado raster obtenido se lo exporta a un formato vector que considere dentro de sus isoyetas la clasificación de máximo número posible.

#### 5.2.1.2 ÍNDICE DE TENDENCIA ANTE SEQUÍAS

##### *cdd*

Con el índice cdd se obtuvo la tendencia de días secos consecutivos. Se aprecia una mayor tendencia en la zona de Manabí.

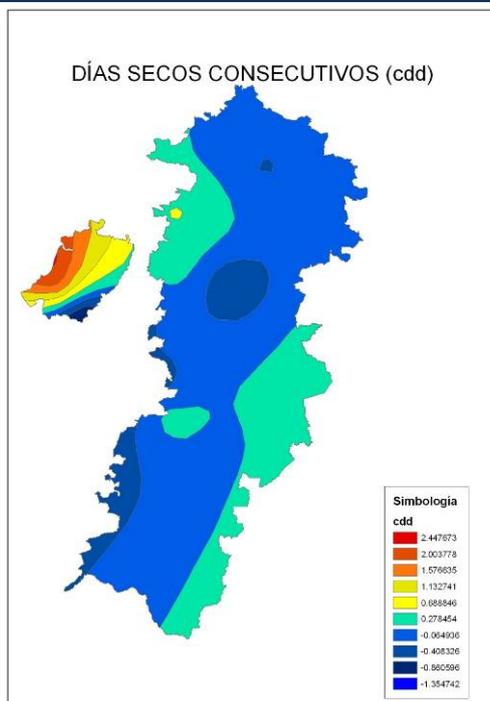


Figura 27. Interpolación de la Tendencia de Días Secos Consecutivos

**prcptot**

Nos muestra la tendencia de la precipitación, mostrándose menor en Manabí. En la sierra central se muestra una tendencia al incremento de lluvia total anual.

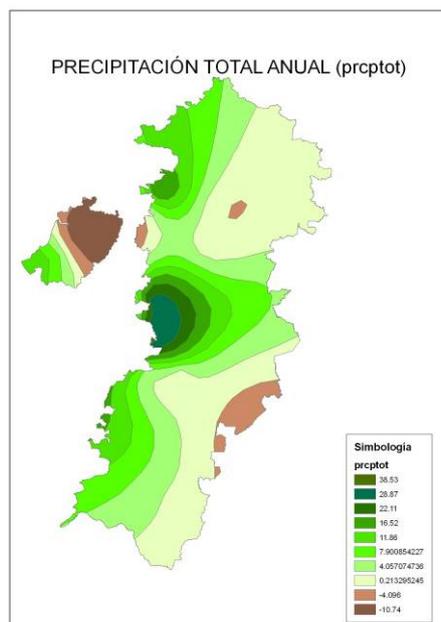


Figura 28. Interpolación de la Tendencia a Precipitación Total Anual

## COMPOSICIÓN DE ÍNDICES CLIMÁTICOS ANTE SEQUÍAS

Resulta de la combinación de los índices cdd (días secos consecutivos) y prcptot (precipitaciones totales anuales).

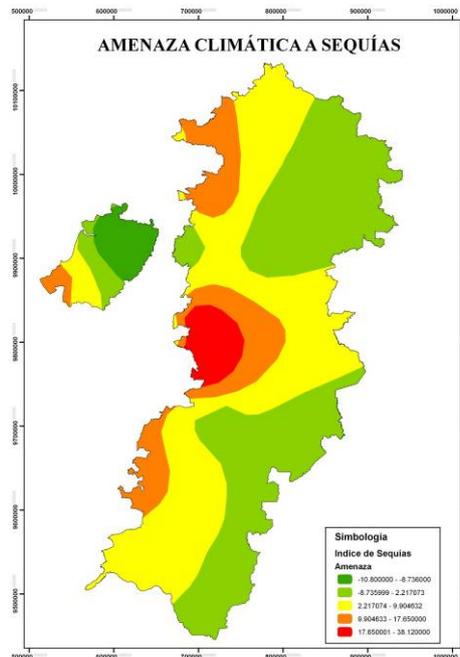


Figura 29. Amenaza climática a sequías.

### 5.2.1.3 ÍNDICE DE TENDENCIA ANTE HELADAS

*dtr*

Con el índice dtr se obtuvo la tendencia de la variación térmica diaria.

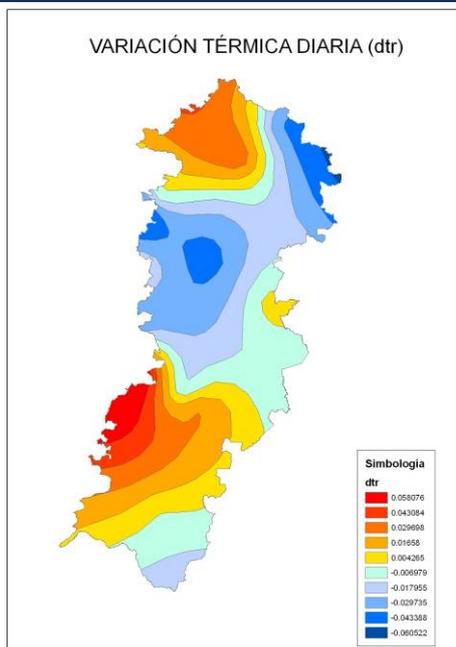


Figura 30. Interpolación de la Tendencia Variación Térmica Diurna Diaria.

**t<sub>nn</sub>**

Nos muestra la tendencia de noches frías de los últimos 30 años, se puede apreciar mayor tendencia al norte y sur de la sierra.

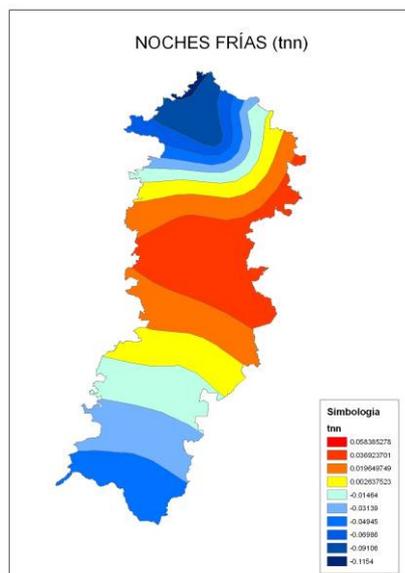


Figura 31. Interpolación de la Tendencia a Noches Frías.

## COMPOSICIÓN DE ÍNDICES CLIMÁTICOS ANTE HELADAS

Combinación de los índices tnn (tendencia a noches frías) y dtr (variación térmica diaria diaria).

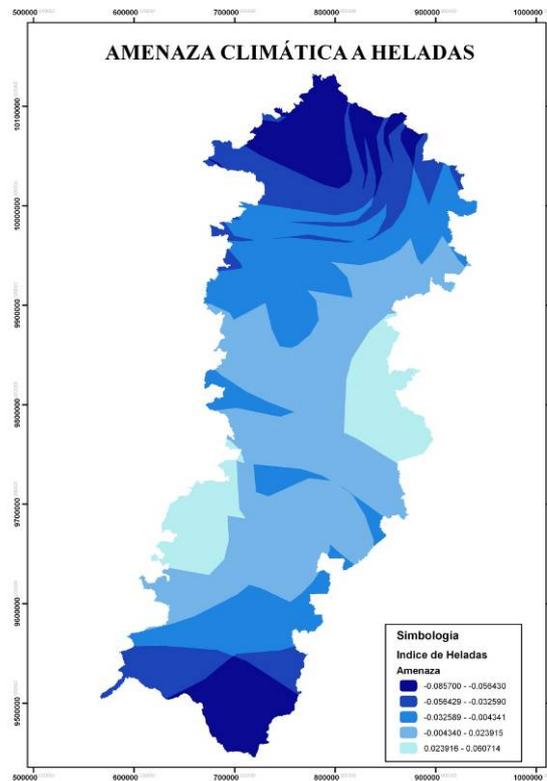


Figura 32. Amenaza Climática a Heladas

### 5.3 RIESGO ANTE SEQUÍAS

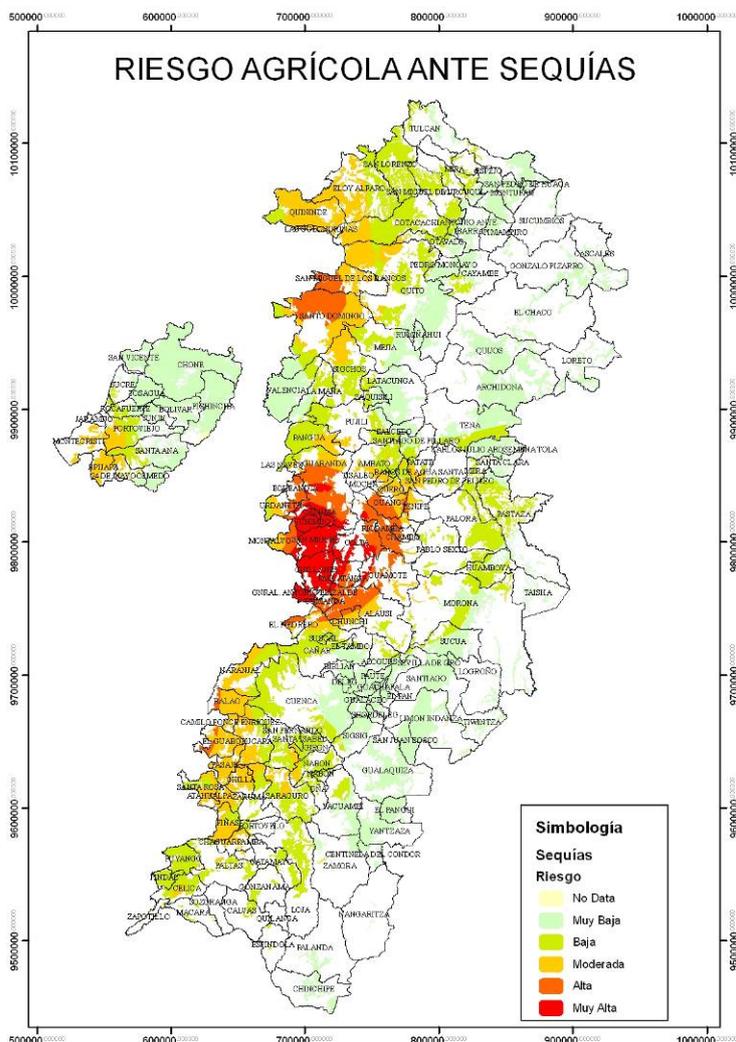


Figura 33. Riesgo Agrícola Ante Sequías.

Tabla 3. Riesgo Muy Alto por cantones

Riesgo Muy Alto		
Provincia de Bolívar	Provincia de Chimborazo	Provincia del Guayas
San Miguel	Pallatanga	San Antonio ELizalde
Chimbo	Colta	
Caluma	Riobamba	
Chillanes		

Tabla 4. Riesgo Alto por cantones

RIESGO ALTO	
Provincia de Pichincha	Provincia de Sto. Domingo
San Miguel de los Bancos	Santo Domingo

### 5.4 RIESGO ANTE HELADAS

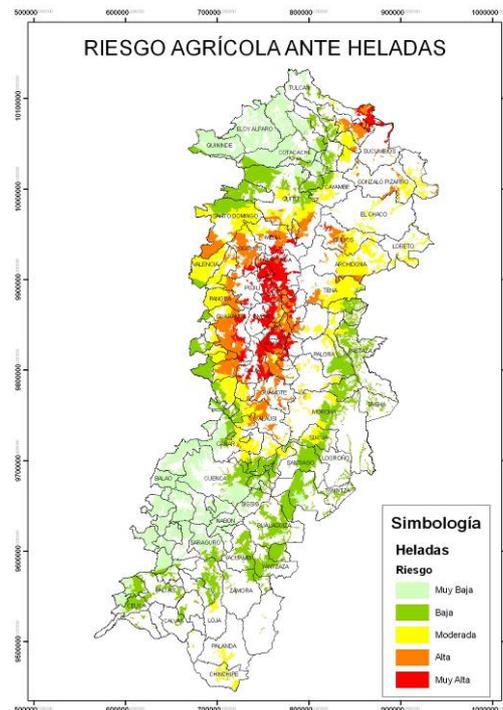


Figura 34. Riesgo Agrícola Ante Heladas.

Tabla 5. Riesgo Muy Alto por cantones

RIESGO MUY ALTO					
Provincia de Tungurahua	Provincia de Cotopaxi	Provincia de Chimborazo	Provincia de Bolívar	Provincia del Carchi	Provincia del Pichincha
Ambato	Sigchos (sur)	Guano	Guaranda	Tulcán	Mejía
Tisaleo	Pujilí	Colta		San Pedro de Huaca	
Mocha	Salcedo				
Quero	Latacunga				

Santiago de Píllaro					
Patate					

**Tabla 6.** Riesgo Alto por heladas

<b>RIESGO ALTO POR HELADAS</b>					
Provincia de Cotopaxi	Provincia de Chimborazo	Provincia de Carchi	Provincia de Pichincha	Provincia de Sto. Domingo	Provincia de Napo
Pangua (sur)	Guamote	Espejo	Mejía (centro)	Sto. Domingo (sur)	Quijos (centro)
Sigchos (centro)	Alausí	Montúfar			Archidona (sur)
					Tena (sur)

## 6. ELABORACIÓN DE MAPAS CON USO DEL PROGRAMA gvSIG 1.10

Cabe indicar, que el uso del programa tuvo sus limitaciones, como al momento de elaborar los mapas para amenazas ante sequías y heladas, el programa no aceptó números tan pequeños negativos por lo que se tuvo que transformar a números positivos de las tendencias y asignar valores entre:

Valores	Amenazas Sequías	Amenazas Heladas
1	Muy Baja	Muy Alta
2	Baja	Alta
3	Moderada	Moderada
4	Alta	Baja
5	Muy Alta	Muy Baja

Otro inconveniente fue al momento de elaborar los mapas sobre las tendencias climáticas, las cuales no pudieron ser representadas en este programa. La simbología del programa no es tan avanzada, y presentó problemas al tratar de representarlos en mapas.

La información resultante en ARCMAP, puede ser trabajada en gvSIG, como se demuestra en los siguientes mapas:

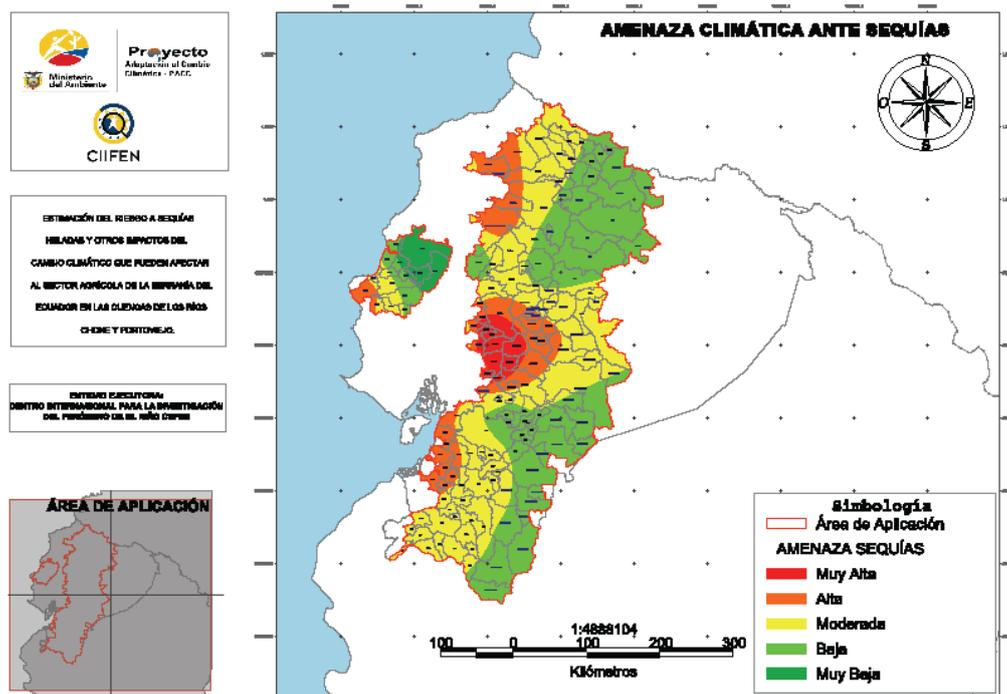


Figura 35. Mapa de Amenaza climática ante Sequías elaborado en gvSIG 1.10

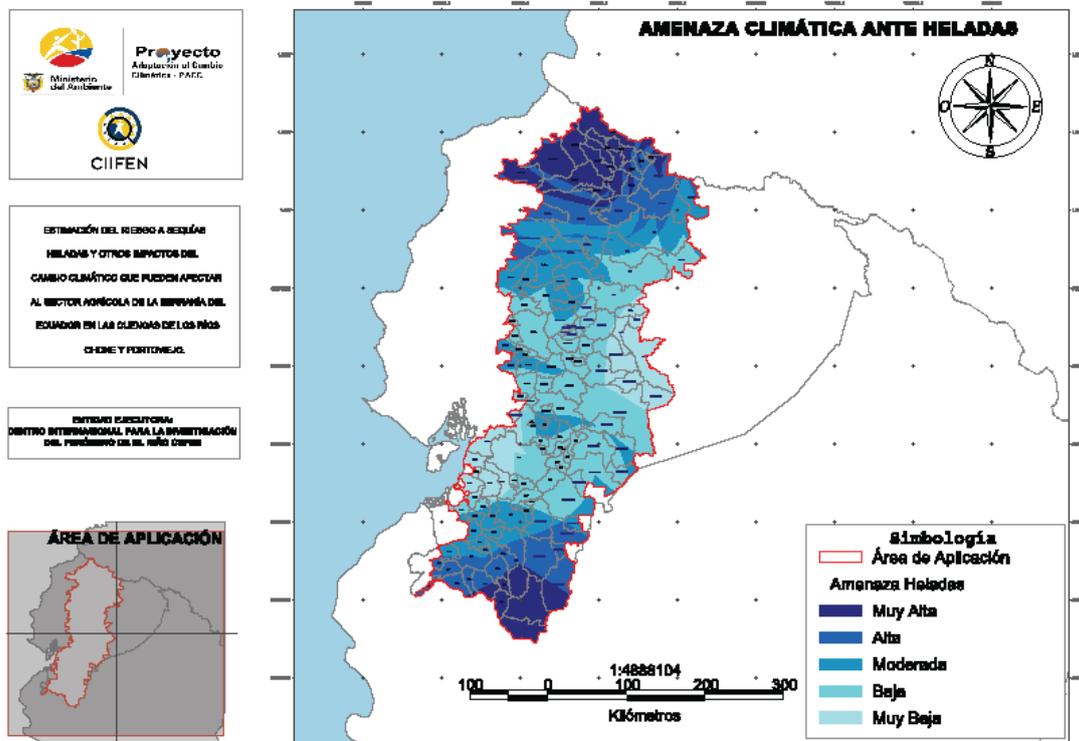


Figura 36. Mapa de Amenaza Climática ante Heladas elaborado en gvSIG 1.10

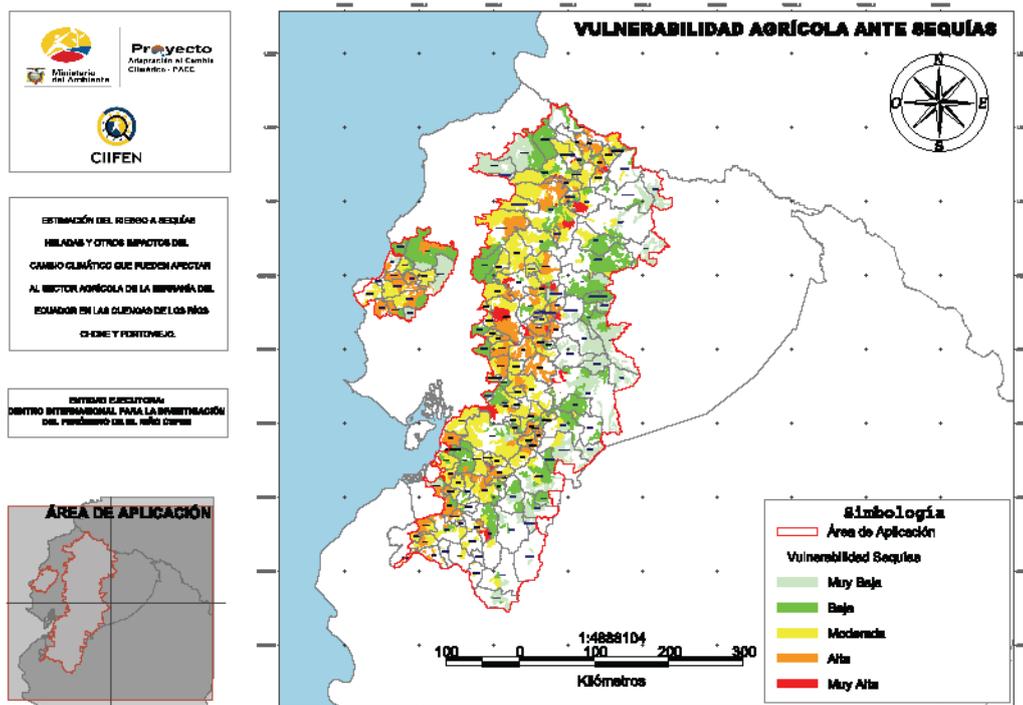


Figura 37. vulnerabilidad Agrícola ante Sequías elaborado en gvSIG 1.10

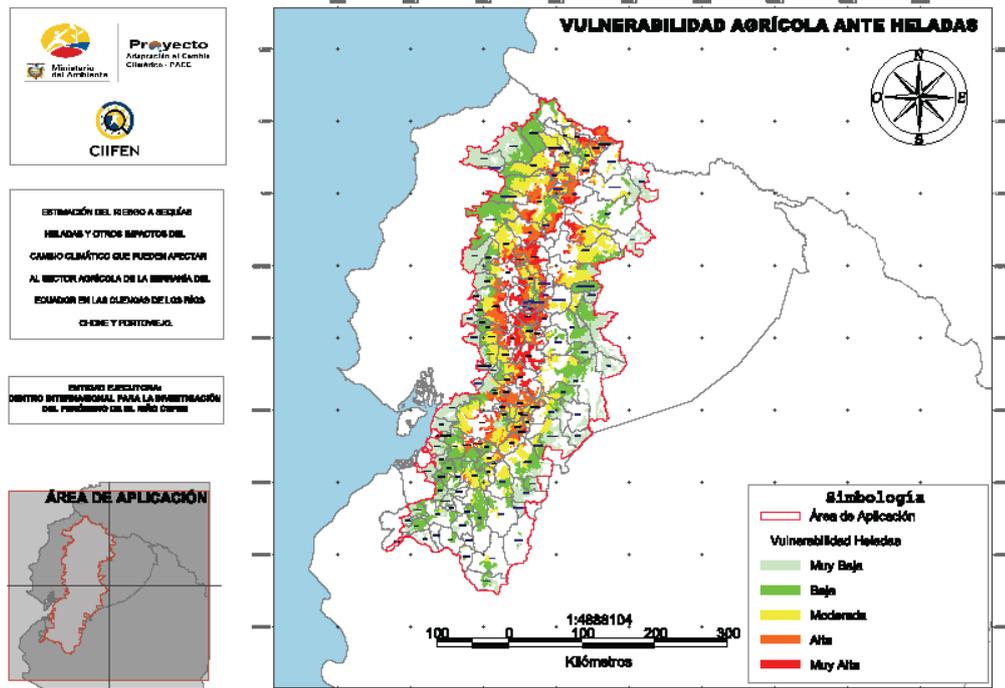


Figura 38. Vulnerabilidad agrícola ante Heladas elaborado en gvSIG 1.10

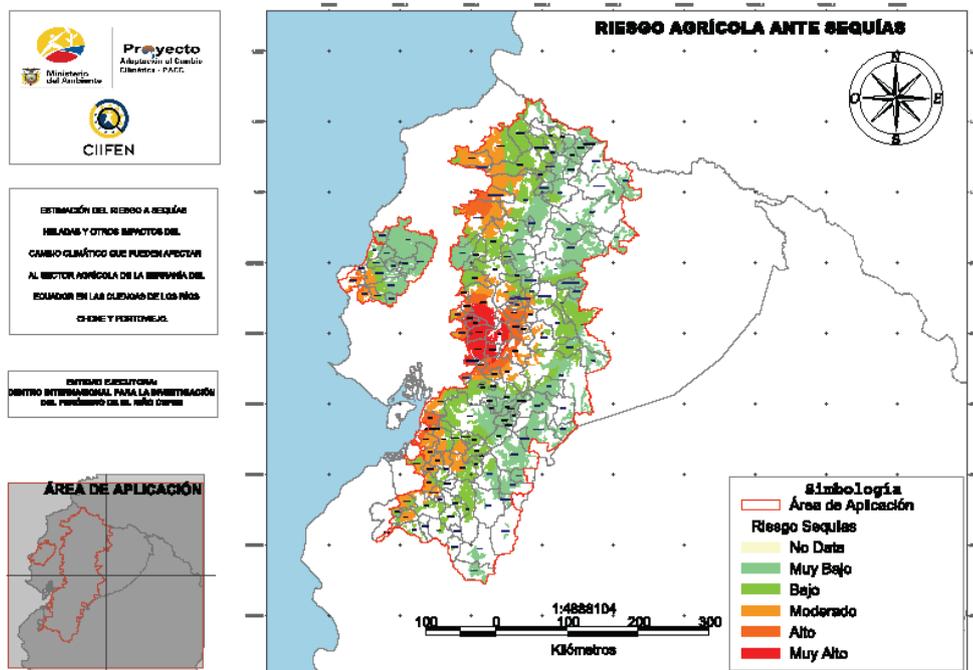


Figura 39. Mapa de Riesgo Agrícola ante Sequías elaborado en gvSIG 1.10

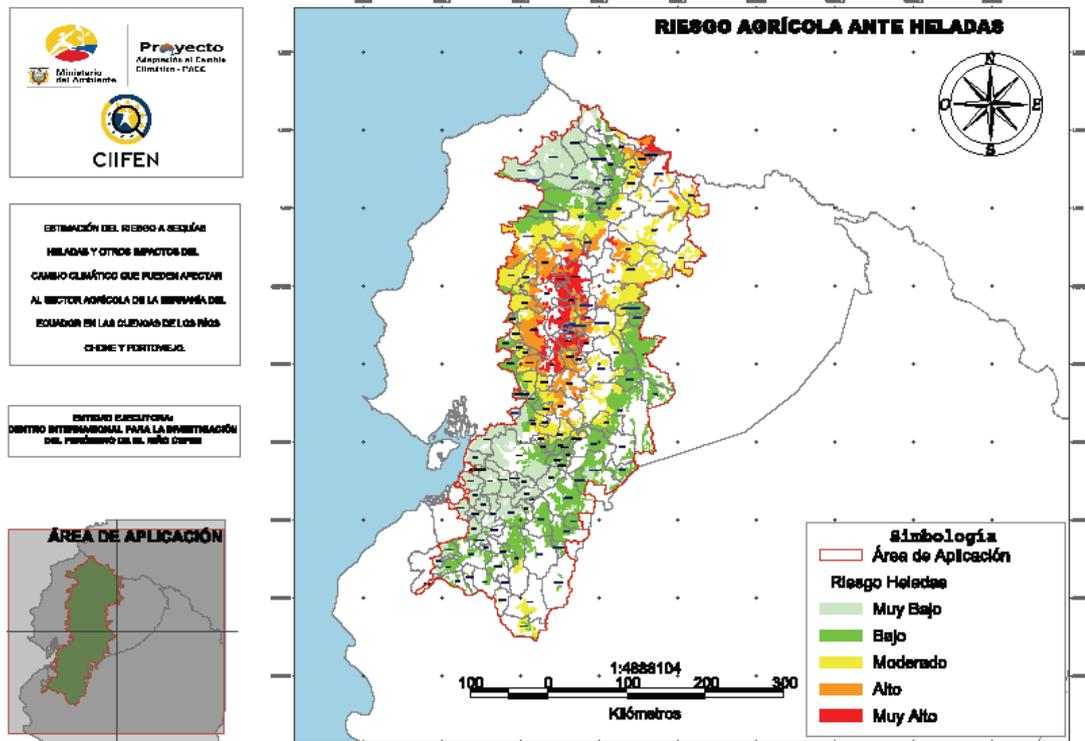


Figura 40. Mapa de Riesgo Agrícola ante Heladas elaborado en gvSIG 1.10.

## 7. CONCLUSIONES

- El riesgo elevado ante sequías fue detectado en los cantones de las provincias Bolívar, Chimborazo y Guayas: Caluma, Chimbo, San Miguel, Chillanes, Pallatanga, Colta, Riobamba y San Antonio Elizalde
- Riesgo alto a sequías se encuentra en los cantones ubicados en Pichincha y Sto. Domingo: San Miguel de los Bancos y Santo Domingo.
- En las cuencas del río Chone y Portoviejo se ha detectado un riesgo moderado, en los cantones: Jipijapa, Portoviejo, Montecristi y 24 de Mayo.
- El riesgo elevado ante heladas fue detectado en los cantones de las provincias de Tungurahua, Cotopaxi, Chimborazo, Bolívar, Carchi, Pichincha: Latacunga, Pujilí, Ambato, Guano, Guaranda, Colta, Sigchos (muy alta al sur), Salcedo, Quero, Mocha, Tisaleo, Santiago de Píllaro, Patate, Tulcán, San Pedro de Huaca y Mejía (Muy alta al sur).



## **8. ANEXOS**

