

MODELACIÓN ESPACIAL PARA LA DETERMINACIÓN DE
ÁREAS CRÍTICAS AL CAMBIO CLIMÁTICO, EN LAS
SUBCUENCAS DE LOS RÍOS PITA, SAN PEDRO Y
MICROCUENCAS DE LOS RÍOS PAPALLACTA Y ANTISANA



Producto 5: Análisis de Áreas Críticas al Cambio Climático

MÓDULO DE ÁREAS CRÍTICAS

En el año 2010, mediante convenio de cooperación interinstitucional el Fondo para la Protección del Agua - FONAG y el Ministerio del Ambiente a través del Proyecto de Adaptación al Impacto del Retroceso Acelerado de Glaciares en los Andes Tropicales (PRAA), inician el proceso de potencialización del Sistema de Información de Recursos Hídricos de la cuenca alta del río Guayllabamba (SIRH-CG) con la ejecución del proyecto SGCA-MAE/PRAA-FONAG, 2010-2013, que tenía como objeto primordial el que esta valiosa herramienta de apoyo a la gestión integrada de recursos hídricos transversalice la variable de cambio climático en los estudios e información que facilita al usuario del agua la toma de decisiones, en la cuenca alta del río Guayllabamba y las microcuencas de los ríos orientales de Papallacta y Antisana.

En el 2014, el FONAG continúa el fortalecimiento del SIRH-CG con la realización de la consultoría “MODELACIÓN ESPACIAL PARA LA DETERMINACIÓN DE ÁREAS VULNERABLES AL CAMBIO CLIMÁTICO, EN LAS SUBCUENCAS DE LOS RÍOS PITA, SAN PEDRO Y MICROCUENCAS DE LOS RÍOS PAPALLACTA Y ANTISANA” que toma la base metodológica y ciertos estudios anexos en proceso, para el ajuste y cierre de los estudios iniciados en el proyecto SGCA-MAE/PRAA-FONAG, 2010-2013. De esta manera se busca generar la base técnica que sustente la implementación y alimente los módulos de cambio climático y áreas críticas que se incorporarán, en una fase subsecuente a este proyecto, en el SIRH-CG.



Por favor citar este documento como se indica a continuación:

Fondo para la Protección del Agua (FONAG). *Análisis de Áreas Críticas al Cambio Climático.* 55p. Quito, Ecuador. 2014.

Análisis de Áreas Críticas al Cambio Climático

Módulo de Áreas Críticas

Junio 2014

Quito - Ecuador, 26 de junio 2014

Elaborado por:

Raúl Galeas. Especialista en Geografía

Isabel Murillo. Especialista Social - Ambiental

Belén Durán. Especialista en Turismo y Comunicación

Fabián Rodríguez. Especialista en Economía Ambiental

Fiscalizado por:

Jacqueline Cisneros, Coordinadora Programa Gestión del Agua – FONAG

CONTENIDO

Introducción	1
CAPITULO I. MARCO METOLOGÓGICO	3
1.1 Enfoque del Estudio de Áreas Críticas frente al Cambio Climático.....	3
1.2 Método de clasificación y ponderación de las áreas críticas frente a amenazas climáticas.....	4
CAPITULO II. ANÁLISIS DE RESULTADOS FRENTE A MOVIMIENTOS EN MASA	7
2.1 Análisis de Resultados de Áreas críticas frente a Movimientos en Masa	7
2.1.1 Resultados por Área de Estudio	7
2.1.2 Resultados por Subcuenca y Microcuenca	9
2.1.2.1 Subcuenca del río San Pedro.....	9
2.1.2.2 Subcuenca del río Pita.....	11
2.1.2.3 Microcuenca del río Papallacta.....	12
2.1.2.4 Microcuenca del río Antisana	14
CAPITULO III. ANÁLISIS DE RESULTADOS A INUNDACIONES	15
3.1 Análisis de Resultados de Áreas críticas a Inundaciones	15
3.1.1 Resultados por Área de Estudio	15
3.1.2 Resultados por Subcuenca y Microcuenca	17
3.1.2.1 Subcuenca del río San Pedro.....	17
3.1.2.2 Subcuenca del río Pita.....	18
3.1.2.3 Microcuenca del río Papallacta.....	20
3.1.2.4 Microcuenca del río Antisana	21
CAPITULO IV. ANÁLISIS DE RESULTADOS A SEQUÍAS	23
4.1 Análisis de Resultados de Áreas Críticas a Sequías.....	23
4.1.1 Resultados por Área de Estudio	23
4.1.2 Resultados por Subcuenca y Microcuenca	25
4.1.2.1 Subcuenca del río San Pedro.....	25

4.1.2.2	Subcuenca del río Pita	27
4.1.2.3	Microcuenca del río Papallacta.....	28
4.1.2.4	Microcuenca del río Antisana	28
CAPITULO V. CONCLUSIONES		30
Bibliografía.....		34
Listado de Figuras		36
Listado de Tablas.....		36

Introducción

El análisis para la determinación de áreas críticas frente al cambio climático, en las subcuencas de los ríos San Pedro y Pita y en las microcuencas de los ríos Papallacta y Antisana, tomó como referencia el concepto de Áreas Críticas, según el IPCC, donde "el área crítica frente al cambio climático es una región en la cual los potenciales impactos debido al cambio climático en el ambiente u otros sectores pueden ser especialmente marcados".

En este contexto, con base en los resultados del estudio "Análisis de Vulnerabilidad al Cambio Climático", documento que forma parte del estudio "Modelación espacial para la determinación de áreas vulnerables al cambio climático, en las subcuencas de los ríos Pita, San Pedro y microcuencas de los ríos Papallacta y Antisana" (FONAG, 2014), se procedió a la identificación de áreas críticas al cambio climático, con el objeto de implementar una intervención ordenada y sustentada que permita disminuir o mitigar los efectos adversos de eventos climáticos extremos como movimientos en masa, inundaciones y sequías, sobre los ecosistemas frágiles y comunidades más vulnerables allí asentadas.

El proceso desarrollado en lo que respecta a la identificación de las áreas críticas para cada amenaza, considera las categorías alta y muy alta del grado de vulnerabilidad a la que puede estar expuesta el área de estudio, en cada subcuenca y microcuenca. Adicionalmente para el análisis se consideran los períodos actuales y las proyecciones futuras de incremento y decremento frente al cambio climático, previamente definidas y analizadas para cada amenaza, información que se detalla en los documentos: "Metodología para la identificación espacial de áreas críticas para la adaptación al cambio climático", "Análisis Exposición a Amenazas Climáticas", "Análisis de la Sensibilidad a Amenazas Climáticas", "Análisis de la Capacidad de Adaptación a Amenazas Climáticas", y "Análisis de Vulnerabilidad al Cambio Climático" generados por el FONAG.

Es importante tomar en cuenta que el enfoque para el análisis de áreas críticas relacionadas con el cambio climático, especialmente con respecto a amenazas de movimientos en masa, inundaciones y sequías. Los escenarios que se plantean en el presente documento toman en cuenta los períodos actuales y las proyecciones de incremento y decremento futuros frente al cambio climático, siendo este análisis fundamental para desarrollar procesos de planificación y ordenamiento territorial, evidenciando áreas donde se hace necesario

plantear acciones en temas ambientales, sociales y económicos, que mejoren la capacidad de adaptación frente al cambio climático de los territorios que podrían ser afectados.

Con este antecedente, la identificación de áreas críticas permite establecer medidas acordes con las condiciones ambientales, físicas y especialmente basadas en las necesidades de la población, para de esta manera trabajar de forma urgente en los sitios de mayor vulnerabilidad, teniendo como prioridad la conservación y mantenimiento del recurso agua, así como el mejoramiento de las capacidades de adaptación de la población, frente a las amenazas producidas por el cambio climático.

CAPITULO I. MARCO METEOROLÓGICO

1.1 Enfoque del Estudio de Áreas Críticas frente al Cambio Climático

Considerando que en el marco teórico las Áreas Críticas, según Giorgi (2006) se definen como "el área crítica de cambio climático es una región en la cual los potenciales impactos debido al cambio climático en el ambiente u otros sectores pueden ser especialmente marcados", es necesario enfatizar que el presente estudio constituye una herramienta fundamental de planificación en lo que concierne al cambio climático y a actividades que tienen que ver con la capacidad de adaptación. Para la identificación de las áreas críticas, fue necesario previamente determinar la exposición, la sensibilidad, la capacidad de adaptación y la vulnerabilidad en el área de estudio frente al cambio climático.

El análisis de áreas críticas frente al cambio y variabilidad climática, están en función de las categorías alta y muy alta de la vulnerabilidad de cada una de las amenazas climáticas (movimientos en masa, inundaciones y sequías) para los períodos actuales y proyecciones de incremento y decremento frente al cambio climático, incorporando de esta manera escenarios, espacios y/o territorios que podrían verse afectados de una u otra forma en un futuro próximo en caso de ocurrir un evento.

Los valores ponderados de las categorías citadas anteriormente, se suman tomando en cuenta el escenario actual junto con las proyecciones. De esta manera se obtiene dos nuevas categorías para las áreas críticas, la primera de *inmediata intervención* (de uno a seis meses) y la segunda de *pronta intervención* (de seis a doce meses), las cuales permiten iniciar los programas y proyectos para mejorar la capacidad de adaptación de las poblaciones frente a los efectos del cambio climático. En la siguiente figura se presente un esquema general del proceso desarrollado para la determinación de las áreas críticas vulnerables.

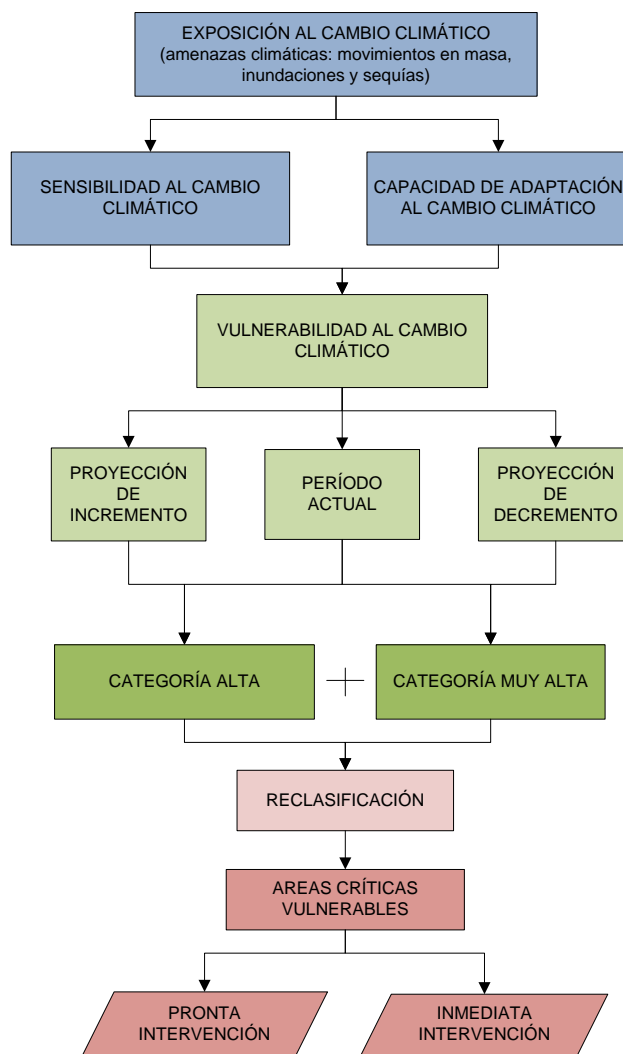


Figura 1. Determinación de áreas críticas vulnerables

A continuación se resume la metodología implementada para la determinación de áreas críticas, sin embargo, para un mayor detalle se recomienda revisar el documento Metodología para la identificación espacial de áreas críticas para la adaptación al cambio climático (FONAG, 2014).

1.2 Método de clasificación y ponderación de las áreas críticas frente a amenazas climáticas

Las áreas críticas vulnerables presentan una relación directamente proporcional con la sumatoria de categorías alta y muy alta de la vulnerabilidad de los períodos actuales y las proyecciones al cambio climático, para las amenazas climáticas de movimientos en masa, inundaciones y sequías.

En lo que respecta a las proyecciones frente al cambio climático, se toma en cuenta los resultados de análisis estadísticos de diferentes índices climáticos (Muñoz et al., 2010). Estos índices fueron calculados con la herramienta FClimdex, para cada amenaza climática.

Del análisis realizado por Muñoz, para efecto de planificación en el caso de la amenaza por movimientos en masa, dentro de la zona de estudio, al incorporar el componente de variabilidad y cambio climático es recomendable considerar proyecciones de al menos un 10% de caudal disponible por encima y por debajo de los valores presentes, obteniéndose dos proyecciones posible sobre la tendencia actual:

- Proyección 1: + 10 % Precipitación

- Proyección 2: - 10 % Precipitación

Para las proyecciones utilizadas en la amenaza de inundaciones, se utilizó el Índice Simple de Intensidad Diaria SDII (Simple daily Intensity Index) que muestra, que la tendencia de incremento y decremento es del 7 % de precipitación. Entonces las variaciones que se podrían dar con el cambio climático para este tipo de amenaza son:

- Proyección 1: Para intensidades máximas +7 %

- Proyección 2: Para intensidades máximas -7 %

En lo que respecta a sequías, se utilizaron resultados de los análisis estadísticos de diferentes índices climáticos que recomiendan considerar proyecciones de al menos un 10 % de caudal disponible por encima y por debajo de los valores presentes y tomar en cuenta la variación presente para los meses del periodo seco con menos rango de precipitación. Se obtuvo así, las siguientes proyecciones:

- Proyección 1: + 10 % Precipitación

- Proyección 2: - 10 % Precipitación

En resumen, en el cálculo para la determinación de las Áreas Críticas Vulnerables al Cambio Climático es indispensable tomar en consideración tanto los resultados de las proyecciones de los períodos actuales así como las proyecciones futuras, tal como se indica en la ecuación (1).

$$\mathbf{ACV_i = CA_{(ac + pi + pd)} + CMA_{(ac + pi + pd)}} \quad (1)$$

Donde:

ACV = Áreas Críticas Vulnerables para la adaptación al cambio climático

i = Amenazas por: movimientos en masa, inundaciones o sequías;

CA = Categoría Alta del análisis de vulnerabilidad al cambio climático de cada amenaza

CMA = Categoría Muy Alta análisis de vulnerabilidad al cambio climático de cada amenaza.

ac = Período actual

pi = Proyección de incremento al cambio climático para cada amenaza

pd= Proyección de decremento al cambio climático para cada amenaza

De acuerdo a la fórmula 1, las áreas críticas se determinan a partir de la sumatoria de las categorías alta y muy alta del análisis de vulnerabilidad para cada amenaza. Esta sumatoria involucra que también se suman en cada categoría los períodos actuales, y las proyecciones de incremento y decremento frente al cambio climático para cada amenaza. Posterior a este procedimiento el resultado es reclasificado, con la finalidad de establecer el período de intervención en estas áreas, siendo el objetivo principal mejorar la capacidad de adaptación de las poblaciones, frente a los efectos adversos del cambio climático. De esta manera se establecen sólo dos categorías para la implementación de medidas de adaptación:

Inmediata intervención → de uno a seis meses, para iniciar programas y/o proyectos

Pronta intervención → de seis a doce meses, para iniciar programas y/o proyectos

El resultado que se obtiene en la intervención en cada área crítica vulnerable, puede afectar, en forma positiva o negativa, a todos los medios de vida presentes en el área de estudio, pero dependiendo de su distribución y correcta implementación, las acciones pueden alcanzar mayor impacto y hasta un efecto multiplicador que otros, por lo que se hace necesario realizar un análisis profundo para seleccionar la medida de adaptación idónea, según amenaza y unidad hídrica.

Finalmente, del procesamiento de información se obtiene un mapa de áreas críticas totales frente a movimientos en masa, inundaciones y sequías, tanto para la zona de estudio, como para cada subcuenca y microcuenca estudiada.

CAPITULO II. ANÁLISIS DE RESULTADOS FRENTE A MOVIMIENTOS EN MASA

2.1 Análisis de Resultados de Áreas críticas frente a Movimientos en Masa

Considerando los factores definidos en la metodología y utilizando el software Arcgis 10 se realizaron los respectivos mapas temáticos de acuerdo a las directrices definidas en el documento “Metodología para la identificación espacial de áreas críticas para la adaptación al cambio climático”, FONAG 2014. Es importante mencionar que para obtener las áreas críticas, se utilizó la información detallada en los documentos: “Análisis Exposición a Amenazas Climáticas”; “Análisis de la Sensibilidad a Amenazas Climáticas”; “Análisis de la Capacidad de Adaptación a Amenazas Climáticas”; "Análisis de Vulnerabilidad al Cambio Climático". Documentos que forman parte del estudio “Modelación espacial para la determinación de áreas vulnerables al cambio climático, en las subcuencas de los ríos Pita, San Pedro y microcuencas de los ríos Papallacta y Antisana” (FONAG, 2014).

A continuación se presenta un análisis de los resultados para determinar las áreas críticas tanto a nivel de área de estudio, como a nivel de subcuenca y microcuencas estudiadas, para la amenaza movimientos en masa.

2.1.1 Resultados por Área de Estudio

La determinación de las áreas críticas frente al cambio climático en el área de estudio para la amenaza de movimientos en masa (Ver Anexo 1. Movimientos en Masa, 1.1. Áreas críticas frente a movimientos en masa), se lo realiza utilizando la siguiente fórmula:

$$ACV_{mm} = CA_{(ac + pi + pd)} + CMA_{(ac + pi + pd)} \quad (2)$$

Los resultados señalan que la categoría de *pronta intervención* (22,63%) se encuentra distribuida en toda el área de estudio, principalmente en la subcuenca del río San Pedro y Papallacta. Esta categoría se localiza principalmente en las laderas con fuertes pendientes, en áreas donde se encuentran los límites entre las zonas agrícolas y las zonas con vegetación natural. Por este motivo en caso de presentarse movimientos en masa, se verían afectadas las áreas de conducción y captación de agua, ocasionando dificultades en el desarrollo de actividades de las comunidades allí asentadas. De igual manera, si no se

toman acciones preventivas, la frontera agrícola avanza podría avanzar, las áreas categorizadas como *pronta intervención* cambiarían a *inmediata intervención*.

En el caso de la categoría de *inmediata intervención* (14,27%), las áreas críticas se encuentran principalmente en zonas altas y montañosas, en los alrededores del Pasochoa, Sincholagua, Ilinizas y Cotopaxi, así como en ríos y quebradas, con fuertes pendientes como es el caso de la zona de los ríos Tambo y Jatunyacu, que se ubican en las microcuencas del Papallacta y Antisana respectivamente. Es importante señalar que estas zonas, son áreas con vegetación natural y tienen mucha importancia, pues, corresponden a zonas de páramos y bosques, donde existen humedales, los cuales juegan un papel vital para la captación de agua en el área de estudio. Al presentarse movimientos en masa se verían afectadas todas las poblaciones en las zonas bajas de las unidades hídricas.

Dentro de este análisis una de las zonas más críticas se encuentran ubicadas en los flancos orientales del Refugio de Vida Silvestre Pasochoa, especialmente entre la divisoria de aguas de las subcuencas de los ríos San Pedro y Pita, en esta zona se encuentran inmersas varias comunidades que dependen del recurso agua, para la producción agrícola y ganadera, así como para el consumo humano. En estas áreas, los movimientos en masa podrían afectar la infraestructura física de desarrollo, e inclusive podrían poner en riesgo la vida de las familias.

En estas áreas es necesario iniciar acciones que incorporen la construcción de obras de infraestructura, que permitan disminuir la vulnerabilidad a este fenómeno, como también, realizar constantes trabajos de mantenimiento de acequias y canales de riego. Asimismo, en caso que este tipo de evento se presente, es necesario que las poblaciones conozcan los sitios de mayor riesgo, las rutas de evacuación, así como tener personal de rescate preparado para asistir a las potenciales víctimas.

A continuación se describen los resultados del área de estudio:

Áreas críticas frente a movimientos en masa	Pesos o rangos	Descripción	Poblaciones	Superficie Km ²	%
Pronta Intervención	0 - 0,429	Implementación de actividades, programas y proyectos de adaptación al cambio climático en un período de 6 a 12 meses.	Poblaciones de Aloag, Cotogchoa; Cutuglahua, Panzaleo, San Vicente, San Miguel de los Romerillos, y Uyumbicho en la subcuenca del río San Pedro; Cuatro de Octubre en la subcuenca del río Pita; Chalpi Chico, El Rosal, y Papallacta en la microcuenca del río Papallacta, y alrededores de las poblaciones de Aloag, Machachi, Sangolquí, y Tambillo.	432,48	22,63
Inmediata Intervención	0,430 - 0,880	Implementación de actividades, programas y proyectos de adaptación al cambio climático en un período de 1 a 6 meses.	Poblaciones de Aloasí, Amaguaña, Santa Teresa, San Vicente, San Miguel de Pedregal, Puichig, Tanipamba, Ubillús, y Virgen del Carmen.	272,62	14,27

Tabla 1. Áreas Críticas del área de estudio - Movimientos en Masa

2.1.2 Resultados por Subcuenca y Microcuenca

Considerando los factores definidos en la metodología y utilizando el software Arcgis 10 se realizaron los respectivos mapas temáticos por cada unidad hídrica presente en el área de estudio (Ver Anexo 1. Movimientos en Masa, 1.2. Áreas críticas frente a movimientos en masa por subcuencas y microcuencas). A continuación se presenta un análisis de los resultados por cada subcuenca y microcuenca frente a movimientos en masa.

2.1.2.1 Subcuenca del río San Pedro

El análisis para las áreas críticas con relación a los movimientos en masa para la subcuenca del río San Pedro, determina que el 10,54% de la superficie está en la categoría de inmediata atención. En esta categoría se encuentran varios centros poblados ubicados en áreas rurales, cuya población se dedica principalmente a la agricultura y ganadería. Es una zona con pendientes altas, con presencia de quebradas profundas, escasa vegetación natural, con actividades productivas intensivas y extensivas, también existe importante

infraestructura del Sistema de Agua Potable y de generación Hidroeléctrica, de los cuales dependen aproximadamente dos millones de habitantes del Distrito Metropolitano de Quito.

La mayor parte de las áreas críticas de esta categoría se ubican en laderas con altas pendientes, las cuales podrían deslizarse, causando dificultades en todos los medios de vida de ciertas poblaciones, haciendo que estas áreas que por el momento no aparecen como críticas sientan el impacto negativo de manera indirecta, afectando principalmente sus capitales físico y social.

La categoría de *pronta intervención* ocupa el 33,01% de la superficie y se encuentran principalmente en la zona media y baja de la subcuenca. Tiene mayor incidencia en las poblaciones, sin embargo se observa que también se ven afectadas zonas de la franja agrícola, ganadera y la vegetación natural, lo cual nos alerta que en un futuro, es muy posible que muchas de estas zonas pasen de la categoría pronta a *inmediata intervención*, especialmente si en la frontera agrícola no se realiza ninguna medida de adaptación al cambio climático.

En estas áreas es necesario tomar medidas que permitan reducir la vulnerabilidad, promoviendo acciones, como por ejemplo, programas de reforestación con especies nativas especialmente en quebradas y cauces de los ríos, como también en taludes naturales, siempre con el apoyo de las organizaciones comunitarias de la zona. Adicionalmente las autoridades locales, deben trabajar en la preparación de la población para enfrentar esta amenaza, a través de acciones de difusión, promoción y capacitación a los pobladores, con el fin de que identifiquen los sitios de mayor impacto, rutas de evacuación y establecer señalética que oriente y prepare a la población para hacer frente a movimientos en masa, para de esta manera disminuir los efectos del cambio climático y elevar su capacidad de adaptación.

A continuación se describen los resultados en la Subcuenca del río San Pedro:

Áreas críticas frente a movimientos en masa	Pesos o rangos	Descripción	Poblaciones	Superficie Km ²	%
Pronta Intervención	0 - 0,429	Implementación de actividades, programas y proyectos de adaptación al	Poblaciones de Aloasí, Aloag, Buena Vista, Cotogchoa, Cutuglahua, Cuchuco Alto y Bajo, El Chaupi, La Moca, Los	247,65	33,01

		cambio climático en un período de 6 a 12 meses.	Laureles, Rumipamba, San Vicente, San Miguel de Pedregal, Panzaleo, y Uyumbicho.		
Inmediata Intervención	0,430 - 0,880	Implementación de actividades, programas y proyectos de adaptación al cambio climático en un período de 1 a 6 meses.	Zonas rurales sin presencia de centros urbanos consolidados y quebradas principalmente en el Refugio de Vida Silvestre Pasochoa, como también las poblaciones de Amaguaña, Chillo Jijón, Cochapamba, Guamba, Güitig Bajo, El Mirador, San Pedro de Pilopata y Santa Teresa.	79,10	10,54

Tabla 2. Áreas Críticas a Movimientos en Masa – Subcuenca San Pedro

2.1.2.2 Subcuenca del río Pita

Las áreas críticas con relación a los movimientos en masa en la categoría *inmediata intervención* (19,34%), se encuentran localizadas al oeste del flujo de lava, en los alrededores del Sinchologua y en las faldas del Cotopaxi, ocupando zonas muy importantes en temas de captación de agua, donde los drenajes naturales de estas montañas proveen de agua a las poblaciones ubicadas en la zona baja del área de estudio. El área más crítica se ubica al oeste del flujo de lava Antisanilla, esta zona en especial es muy inestable, debido a que existen actividades de explotación minera, relacionada con malas prácticas de extracción, lo cual incrementa las posibilidades de ocurrencia de movimientos en masa. Adicionalmente se encuentran poblaciones, que en el caso de producirse un evento se verían afectadas en temas de obras de infraestructura física para el desarrollo, así como la infraestructura para abastecimiento y consumo de agua potable principalmente.

La categoría de *pronta intervención* (13,03%) se ubica a lo largo de los ríos y drenajes al centro norte y centro suroeste de la subcuenca. En estas zonas se desarrollan actividades productivas relacionadas con la agricultura y ganadería, principalmente a lo largo de quebradas y cauces de los ríos, también hay centros poblados que están dentro de esta categoría.

En estas áreas críticas existen obras de infraestructura para distribución de agua, tanto de consumo humano, como para riego, y proyectos hidroeléctricos. En ese sentido, las autoridades locales y los usuarios de los recursos hídricos, como por ejemplo la Empresa

Pública Metropolitana de Agua Potable y Saneamiento (EPMAPS), deberían iniciar de forma rápida y urgente acciones que permitan recuperar la vegetación natural de la zona, incluyendo programas que involucren el manejo del suelo, cuidado y mantenimiento de los desagües naturales para reducir la vulnerabilidad a los movimientos en masa, acompañando todas estas acciones de un plan o campaña de difusión, con el fin de que los pobladores estén informados.

A continuación se describen los resultados en la Subcuenca del río Pita:

Áreas críticas frente a movimientos en masa	Pesos o rangos	Descripción	Poblaciones	Superficie Km ²	%
Pronta Intervención	0 - 0,429	Implementación de actividades, programas y proyectos de adaptación al cambio climático en un período de 6 a 12 meses.	Zonas rurales sin presencia de centros urbanos consolidados y quebradas como también la población de Cuatro de Octubre.	76,37	13,03
Inmediata Intervención	0,430 - 0,880	Implementación de actividades, programas y proyectos de adaptación al cambio climático en un período de 1 a 6 meses.	Zonas rurales sin presencia de centros urbanos consolidados y quebradas, poblaciones de Patichubamba, Pinantura, Santo Domingo, Santa Teresa, Ubillús y Virgen del Carmen.	113,35	19,34

Tabla 3. Áreas Críticas a Movimientos en Masa – Subcuenca Pita

2.1.2.3 Microcuenca del río Papallacta

En el análisis de las áreas críticas de la microcuenca del río Papallacta, se encuentra que el 11,31% de la superficie, corresponde a la categoría de *inmediata intervención*, la cual se localiza principalmente al oeste de la laguna de Papallacta entre los ríos Suco, Tambo y la quebrada de Ugshachupa. Estas son zonas rurales donde las actividades principales están relacionadas con la ganadería, producción de truchas, ecoturismo y agricultura de subsistencia. Es importante mencionar que estas áreas coinciden con tramos de la vía Quito Papallacta, la cual históricamente ha tenido problemas relacionados con movimientos en masa, debido a la topografía compleja de la zona, lo cual ha provocado serios problemas de comunicación entre los poblados de la microcuenca y la ciudad de Quito, así como también

el Oleoducto de Crudo Pesado OCP, el SOTE y el Poliducto y el Sistema de Agua Potable generando dificultades como la mencionada anteriormente y el transporte de productos entre la Amazonía, a Sierra y el resto del País.

La categoría de *pronta intervención* se encuentra en el 9,27% del área y ocupa la zona centro este de la microcuenca, la cual se caracteriza por tener áreas pobladas y zonas de influencia cerca de las vías que comunican estos centros poblados, así como ríos y quebradas alrededor de los mismos. Estas zonas también se caracterizan por fuertes pendientes y suelos susceptibles a movimientos en masa, por lo que si la precipitación aumenta las probabilidades de presentarse movimientos en masa, también aumentan y en algunos casos, estas áreas podrían cambiar de categoría a *inmediata intervención*, porque afectarían a zonas pobladas que tienen gran actividad turística, como es el caso de Papallacta.

Es importante mencionar que la mayoría de estas áreas críticas se encuentran dentro de la Reserva Ecológica Antisana y del Parque Nacional Cayambe Coca, donde las acciones que se realicen dentro de su territorio deben estar orientadas, según sus Planes de Manejo. También en esta microcuenca se encuentran los Sistemas Papallacta, la primera fase del Proyecto Ríos Orientales, que abastecen del servicio de agua potable a las parroquias orientales del Distrito Metropolitano de Quito, situación que debe ser considerada para emprender un proceso de planificación, aprovechamiento de los recursos hídricos y mantenimiento de las obras de infraestructura, así como desarrollar estrategias que fortalezcan las alianzas de trabajo entre las instituciones, autoridades, responsables y población, con el único propósito de cuidar, proteger y recuperar los recursos hídricos, preparándose para enfrentar los efectos del cambio climático.

A continuación se describen los resultados en la Microcuenca del río Papallacta:

Áreas críticas frente a movimientos en masa	Pesos o rangos	Descripción	Poblaciones	Superficie Km ²	%
Pronta Intervención	0 - 0,429	Implementación de actividades, programas y proyectos de adaptación al cambio climático en un período de 6 a 12	Zonas rurales y quebradas y de las poblaciones de Chalpi Chico, Calamanca, El Rosal, Papallacta, y Santa Catalina, y los alrededores de las poblaciones de Baños y	22,60	9,27

		meses.	Comuna Jamanco.		
Inmediata Intervención	0,430 - 0,880	Implementación de actividades, programas y proyectos de adaptación al cambio climático en un período de 1 a 6 meses.	Zonas rurales sin presencia de centros urbanos consolidados y quebradas, poblaciones de Cooperativa San José del Tablón 2, y los alrededores de El Tambo.	27,58	11,31

Tabla 4. Áreas Críticas a Movimientos en Masa – Microcuenca Papallacta

2.1.2.4 Microcuenca del río Antisana

Las áreas críticas en las categorías *inmediata intervención* (15,91%) y *pronta intervención* (0,74%) se presentan en zonas con cobertura vegetal natural y pastos naturales muy aislados y separados, ubicados principalmente en los nacimientos de ríos y quebradas. El territorio de la microcuenca se encuentra conformado por una gran área que pertenece a la Reserva Ecológica Antisana REA y a la Hacienda Antisana, que en la actualidad es de propiedad de la Empresa Pública Metropolitana de Agua Potable y Saneamiento (EPMAPS).

En estas zonas, las autoridades y responsables deberán implementar las acciones y programas urgentes de recuperación de la vegetación, con especies nativas especialmente en zona de quebradas y zonas sensibles a los movimientos en masa.

Se debe tomar en cuenta que la zona sur de la microcuenca del río Antisana (esquina inferior derecha del mapa correspondiente), donde se presenta una enorme área que cae en esta categoría, no existe información pertinente, por lo que el programa no permite aislar completamente las zonas que caen realmente en esta categoría. A continuación se describen los resultados en la Microcuenca del río Antisana:

Áreas críticas frente a movimientos en masa	Pesos o rangos	Descripción	Poblaciones	Superficie e Km ²	%
Pronta Intervención	0 - 0,429	Implementación de actividades, programas y proyectos de adaptación al cambio climático en un período de 6 a 12 meses.	Zonas rurales sin presencia de centros urbanos consolidados y quebradas.	2,43	0,74
Inmediata Intervención	0,430 - 0,880	Implementación de actividades, programas y proyectos de adaptación al cambio climático en un período de 1 a 6 meses.	Zonas rurales sin presencia de centros urbanos consolidados y quebradas.	52,47	15,91

Tabla 5. Áreas Críticas a Movimientos en Masa – Microcuenca Antisana

CAPITULO III. ANÁLISIS DE RESULTADOS A INUNDACIONES

3.1 Análisis de Resultados de Áreas críticas a Inundaciones

Considerando los factores definidos en la metodología y utilizando el software Arcgis 10 se realizaron los respectivos mapas temáticos de acuerdo a las directrices definidas en el documento "Metodología para la identificación espacial de áreas críticas para la adaptación al cambio climático", FONAG 2014. Es importante mencionar que para obtener las áreas críticas, se utilizó la información detallada en los documentos: "Análisis Exposición a Amenazas Climáticas"; "Análisis de la Sensibilidad a Amenazas Climáticas"; "Análisis de la Capacidad de Adaptación a Amenazas Climáticas"; "Análisis de Vulnerabilidad al Cambio Climático". Documentos que forman parte del estudio "Modelación espacial para la determinación de áreas vulnerables al cambio climático, en las subcuencas de los ríos Pita, San Pedro y microcuencas de los ríos Papallacta y Antisana" (FONAG, 2014).

A continuación se presenta un análisis de los resultados para determinar las áreas críticas tanto a nivel de área de estudio, como a nivel de subcuenca y microcuencas estudiadas, para la amenaza de inundaciones.

3.1.1 Resultados por Área de Estudio

El análisis de las áreas críticas al cambio climático en el área de estudio frente a la amenaza inundaciones (Ver Anexo 2. Inundaciones, 2.1. Áreas críticas frente a inundaciones), se basa en las categorías pronta e *inmediata intervención*, las cuales fueron obtenidas utilizando la siguiente fórmula:

$$ACV_{in} = CA_{(ac + pi + pd)} + CMA_{(ac + pi + pd)} \quad (3)$$

En el área de estudio las áreas críticas con relación a inundaciones para la categoría *inmediata intervención* (20,49%) cubren zonas de cobertura vegetal natural de las áreas protegidas, las cuales son consideradas como importantes zonas de recarga hídrica, en especial en la subcuenca del río Pita y en la microcuenca del río Antisana. Para el caso de la subcuenca del río San Pedro, las áreas críticas afectan las zonas de producción agrícola, pecuaria, quebradas y cauces de ríos. También en esta categoría se encuentran centros poblados de la subcuenca del río San Pedro, tanto en la zona alta de la subcuenca como en la zona baja. Por otro lado, esta categoría afecta áreas de la microcuenca del río Papallacta,

donde se ubican obras de infraestructura de vital importancia para la dotación de agua potable del Distrito Metropolitana de Quito.

Las áreas críticas de *pronta intervención* ocupan el 24,48% del área de estudio y prácticamente aparecen de forma contigua a la distribución de la categoría de *inmediata intervención*. Éstas están presentes principalmente en la subcuenca del río Pita, y en las microcuencas de Papallacta y Antisana, en áreas naturales que son relevantes para la captación de agua. Si se presenta esta amenaza en algún momento, es muy posible que las áreas identificadas puedan colapsar y afectar directamente los sistemas de captación y conducción de agua, generando dificultades a las poblaciones ubicadas en las zonas bajas, que son beneficiarias del recurso agua proveniente de estas zonas.

En estas áreas se sugiere impulsar acciones de mantenimiento y recuperación de acequias, canales de riego, alcantarillado y desagües naturales. Así como también, preparar a las poblaciones a través del fortalecimiento de las organizaciones sociales, para enfrentar a las inundaciones en caso que éstas se presenten. Estas actividades deben sostenerse en acuerdos voluntarios entre las poblaciones, propietarios, instituciones y organizaciones que trabajan en el tema y en el área de interés.

A continuación se describen los resultados del área de estudio:

Áreas críticas frente a inundaciones	Pesos o rangos	Descripción	Poblaciones	Superficie Km ²	%
Pronta Intervención	0 - 0,429	Implementación de actividades, programas y proyectos de adaptación al cambio climático en un período de 6 a 12 meses.	Zonas rurales y quebradas. Las poblaciones de Pinantura y Virgen del Carmen de la subcuenca del río Pita; Culalá Alto, El Falcón, Gualilagua, La Vaquería, Panzaleo, San Cristóbal, San Antonio de Paschoa y Tambillo de la subcuenca del río San Pedro.	467,82	24,48
Inmediata Intervención	0,430 - 0,880	Implementación de actividades, programas y proyectos de adaptación al cambio climático en un período de 1 a 6 meses.	Zonas naturales de la REA, Parque Nacional Cotopaxi. Como también poblaciones como Patichubamba, Santa Teresa, Santo Domingo, y Ubillús de la subcuenca del río Pita; Aloasí, Aloag,	391,57	20,49

			Amaguaña, Cotogchoa, Cutuglahua, Cuchuco Alto y Bajo, El Chaupi, San Antonio de Chanizas, Tanipamba, Uyumbicho, Yanahuayco, y los alrededores de la población de Sangolquí de la subcuenca del río San Pedro, y las poblaciones de El Rosal, Papallacta y Santa Catalina de la microcuenca del río Papallacta.		
--	--	--	--	--	--

Tabla 6. Áreas Críticas área de estudio - Inundaciones

3.1.2 Resultados por Subcuenca y Microcuenca

Considerando las variables definidas en la metodología y utilizando el software Arcgis 10 se realizaron los respectivos mapas temáticos de acuerdo a las directrices definidas en el documento de Metodología (FONAG, 2014) (Ver Anexo 2. Inundaciones, 2.2. Áreas críticas frente a inundaciones por subcuencas y microcuencas). A continuación se presenta un análisis de los resultados por cada subcuenca y microcuenca frente a inundaciones.

3.1.2.1 Subcuenca del río San Pedro

Las áreas críticas con relación a las inundaciones en la subcuenca del río San Pedro, para la categoría *inmediata intervención* ocupan el 13,88% y para la categoría *pronta intervención* el 8,72% de la superficie total de la unidad hídrica, que corresponden en su mayoría a zonas de centros poblados y zonas rurales de pequeños valles andinos, ocupando parte de la zona baja y en menor proporción la zona alta y media de la subcuenca.

La categoría de *inmediata intervención* ocurre en centros poblados con mayor consolidación, lo cual afecta de sobremanera a los medios de vida: físico, social, humano y financiero. Las áreas críticas se presentan en zonas pobladas, por lo que es muy importante tomar en cuenta que los efectos de esta amenaza climática, pueden estar asociada a la pérdida de vegetación natural y a la degradación de las áreas naturales, por lo que las medidas a tomarse en cuenta para la adaptación al cambio climático, deben revisarse desde estas dos perspectivas.

Las áreas críticas de *pronta intervención* ocurren en zonas dispersas, principalmente en zonas rurales. Si bien es cierto también afectan a centros poblados, esta categoría se centra en áreas de producción agrícola y ganadera, donde el uso intensivo y degradación del suelo han llevado a que estas áreas se saturen y provoquen inundaciones en esta subcuenca.

En estas poblaciones y en las áreas rurales, se sugiere desarrollar programas y actividades para reducir su vulnerabilidad, actividades que entre otras podrían incluir la conservación de fuentes de agua, humedales, bofedales, ríos, quebradas, recuperación de la cobertura vegetal, difusión y capacitación en temas que les permita elevar su capacidad de adaptación y enfrentar de mejor manera los efectos del cambio climático.

A continuación se describen los resultados en la Subcuenca del río San Pedro:

Áreas críticas frente a inundaciones	Pesos o rangos	Descripción	Poblaciones	Superficie Km ²	%
Pronta Intervención	0 - 0,429	Implementación de actividades, programas y proyectos de adaptación al cambio climático en un período de 6 a 12 meses.	Zonas rurales y quebradas. Poblaciones como Culalá Alto, El Falcón, Gualilagua, La Vaquería, Panzaleo, San Cristóbal, San Antonio de Pasochoa y Tambillo.	65,42	8,72
Inmediata Intervención	0,430 - 0,880	Implementación de actividades, programas y proyectos de adaptación al cambio climático en un período de 1 a 6 meses.	Zonas rurales y quebradas. Como también las poblaciones de Aloasí, Aloag, Amaguaña, Cotogchoa, Cutuglahua, Cuchuco Alto y Bajo, El Chaupi, San Antonio de Chanizas, Tanipamba, Uyumbicho, Yanahuayco, y los alrededores de la población de Sangolquí.	104,17	13,88

Tabla 7. Áreas Críticas a Inundaciones – Subcuenca San Pedro

3.1.2.2 Subcuenca del río Pita

Las áreas críticas para inundaciones en la subcuenca del río Pita para la categoría *inmediata intervención* ocupan el 33,80% de la superficie y se distribuyen en la zona norte y sureste de la subcuenca. Estas áreas se ubican principalmente en los alrededores de los

ríos y quebradas, así como en áreas intervenidas y otras cubiertas con vegetación natural, en áreas de páramo principalmente. Esto demuestra que el avance de la frontera agrícola, la degradación de los suelos y la falta de planificación territorial, han generado que grandes áreas puedan presentar impactos por los efectos del cambio climático, causando dificultades a las poblaciones aledañas, principalmente al capital físico y al capital humano de estas zonas.

La categoría de *pronta intervención* se distribuye en el 20,59% del área de la subcuenca, cubren zonas de uso agrícola y pecuario, donde se asientan comunidades campesinas. En estas áreas se evidencia los efectos del uso intensivo y el deterioro del suelo debido a las actividades productivas, lo cual combinado con los efectos adversos del cambio climático, la amenaza inundación afecte a estas zonas, provocando pérdidas en temas de producción para los habitantes de la subcuenca.

Finalmente, es importante mencionar que las poblaciones asentadas en estas áreas tienen poco o nulo conocimiento sobre el cambio climático, por lo que se sugiere el desarrollo de eventos de capacitación y el establecimiento de medidas que favorezcan la recuperación del capital natural, a través de la conservación del agua, recuperación de la cobertura vegetal y suelo, recuperación de zonas de recargas como bofedades y humedales, que en su gran mayoría se encuentran dentro de las áreas protegidas, Reserva Ecológica Antisana REA y Parque Nacional Cotopaxi. A continuación se describen los resultados en la Subcuenca del río Pita:

Áreas críticas frente a inundaciones	Pesos o rangos	Descripción	Poblaciones	Superficie Km ²	%
Pronta Intervención	0 - 0,429	Implementación de actividades, programas y proyectos de adaptación al cambio climático en un período de 6 a 12 meses.	Zonas rurales sin presencia de centros urbanos consolidados y quebradas. Poblaciones Pinantura y Virgen del Carmen.	120,67	20,59
Inmediata Intervención	0,430 - 0,880	Implementación de actividades, programas y proyectos de adaptación al cambio climático en un período de 1 a 6 meses.	Zonas rurales sin presencia de centros urbanos consolidados y quebradas. Poblaciones Patichubamba, Santa Teresa, Santo Domingo, y Ubillús.	198,14	33,80

Tabla 8. Áreas Críticas a Inundaciones – Subcuenca Pita

3.1.2.3 Microcuenca del río Papallacta

Las áreas críticas en la categoría *inmediata intervención* ocupan apenas el 0,59% del área, pero es necesario recalcar que allí se encuentran las principales obras de infraestructura para la dotación de agua potable a la ciudad de Quito, futuros proyectos hidroeléctricos, así como áreas protegidas, especialmente en los alrededores de la laguna de Papallacta.

Por otro lado, las áreas críticas de la categoría *pronta intervención* presente en el 5,65% del área, corresponden a zonas sin poblaciones, ocurren principalmente en quebradas y cauces de ríos con vegetación y pastos naturales. En estas zonas rurales las autoridades deberán iniciar programas de recuperación y mantenimiento de la cobertura vegetal natural y establecer zonas de amortiguamiento a lo largo de los cauces de ríos y quebradas, basado en acuerdos de colaboración de todos los actores y usuarios presentes en esta unidad hídrica.

El trabajo coordinado y el desarrollo de estrategias que faciliten una labor mancomunada entre instituciones, organizaciones, y actores locales, se hace necesario para reducir la vulnerabilidad de la población y el riesgo de afectación a la infraestructura, a través de programas de ordenamiento territorial que permitan mejorar y mantener el estado de conservación de los recursos naturales y en especial del recurso hídrico.

A continuación se describen los resultados en la Microcuenca del río Papallacta:

Áreas críticas frente a inundaciones	Pesos o rangos	Descripción	Poblaciones	Superficie Km ²	%
Pronta Intervención	0 - 0,429	Implementación de actividades, programas y proyectos de adaptación al cambio climático en un período de 6 a 12 meses.	Zonas rurales sin presencia de centros urbanos consolidados y quebradas.	13,78	5,65
Inmediata Intervención	0,430 - 0,880	Implementación de actividades, programas y proyectos de adaptación al cambio climático en un período de 1 a 6 meses.	Zonas rurales sin presencia de centros urbanos consolidados y quebradas. Como también poblaciones como El Rosal, Papallacta y Santa Catalina.	1,44	0,59

Tabla 9. Áreas Críticas a Inundaciones – Microcuenca Papallacta

3.1.2.4 Microcuenca del río Antisana

Las áreas críticas que se encuentran en la categoría *inmediata intervención* (26,63%), corresponden a zonas naturales que se encuentran dentro de la Reserva Ecológica Antisana y de Hacienda Antisana de propiedad de la EPMAPS, las cuales son de vital importancia para el mantenimiento del sistema de agua potable La Mica Quito - Sur y el sistema hidroeléctrico El Carmen, así como de todos los proyectos que en el futuro se desarrollarán como parte del mejoramiento del importante el Proyecto Ríos Orientales.

Siendo los recursos hídricos vitales, es necesario que tanto el Ministerio del Ambiente y las autoridades Metropolitanas, emprendan un proceso de planificación y ordenamiento territorial, con la aplicación de medidas que permitan garantizar el suministro de agua a la ciudad y mantener la calidad de los recursos naturales. También es importante establecer alianzas estratégicas que permitan generar corresponsabilidad en los propietarios de las haciendas vecinas y apoyar a la implementación de acciones y medidas propuestas, ya que es visible el impacto de la ganadería bovina y caballar en áreas contiguas.

Las áreas críticas de la categoría *pronta intervención* ocupan el 14,02% del área, donde es necesario implementar acciones relacionadas con el sostenimiento y ampliación de las zonas declaradas de protección, siguiendo lo establecido en los Planes de Manejo de la Reserva Ecológica Antisana y la Hacienda Antisana.

A continuación se describen los resultados en la Microcuenca del río Antisana:

Áreas críticas frente a inundaciones	Pesos o rangos	Descripción	Poblaciones	Superficie Km ²	%
Pronta Intervención	0 - 0,429	Implementación de actividades, programas y proyectos de adaptación al cambio climático en un período de 6 a 12 meses.	Zonas sin poblaciones o centros urbanos consolidados con cobertura vegetal natural y pastos naturales en las nacientes de los ríos Atuhuyco, Antisana, quebradas de Ramón Guanuña, Diguchi.	46,23	14,02

Inmediata Intervención	0,430 - 0,880	Implementación de actividades, programas y proyectos de adaptación al cambio climático en un período de 1 a 6 meses.	Zonas sin poblaciones o centros urbanos consolidados con cobertura vegetal natural y pastos naturales alrededor del sistema hidrográfico de la laguna de la Mica y de la laguna Jatuncocha.	87,83	26,63
---------------------------	---------------	--	---	-------	-------

Tabla 10. Áreas Críticas a Inundaciones – Microcuenca Antisana

CAPITULO IV. ANÁLISIS DE RESULTADOS A SEQUÍAS

4.1 Análisis de Resultados de Áreas Críticas a Sequías

Considerando los factores definidos en la metodología y utilizando el software Arcgis 10 se realizaron los respectivos mapas temáticos de acuerdo a las directrices definidas en el documento “Metodología para la identificación espacial de áreas críticas para la adaptación al cambio climático”, FONAG 2014. Es importante mencionar que para poder obtener las áreas críticas, se utilizó la información detallada en los documentos: “Análisis Exposición a Amenazas Climáticas”; “Análisis de la Sensibilidad a Amenazas Climáticas”; “Análisis de la Capacidad de Adaptación a Amenazas Climáticas”; “Análisis de Vulnerabilidad al Cambio Climático”. Documentos que forman parte del estudio “Modelación espacial para la determinación de áreas vulnerables al cambio climático, en las subcuencas de los ríos Pita, San Pedro y microcuencas de los ríos Papallacta y Antisana” (FONAG, 2014).

A continuación se presenta un análisis de los resultados para determinar las áreas críticas tanto a nivel de área de estudio, como a nivel de subcuenca y microcuencas estudiadas, para la amenaza sequías.

4.1.1 Resultados por Área de Estudio

El análisis de las áreas críticas frente al cambio climático en el área de estudio para la amenaza de sequías (Ver Anexo 3. Sequías, 3.1. Áreas críticas frente a sequías), se lo realiza utilizando la siguiente fórmula:

$$ACV_{se} = CA_{(ac + pi + pd)} + CMA_{(ac + pi + pd)} \quad (4)$$

El análisis de las áreas críticas frente a las sequías muestra que existen zonas de inmediata y *pronta intervención*, que se concentran principalmente en las subcuencas del río San Pedro y Pita.

Las áreas críticas de inmediata atención están presentes en el 11,88% del área de estudio, y ocupan zonas rurales productivas, que tienen una correlación directa con actividades agrícolas y ganaderas. De igual manera estas zonas siempre están asociadas con poblaciones, las cuales se ven afectadas por las sequías en lo que respecta a la

agroproduktividad de sus campos principalmente, donde solo las zonas con sistemas de riego podrían de cierta manera disminuir el impacto negativo de la sequía.

Por otro lado las sequías afectan de sobremanera la distribución de agua para consumo humano, así como las redes viales de todos los poblados afectados. Al estar las áreas críticas en zonas rurales, esto genera problemas en el capital humano de cada población provocando la ocurrencia de enfermedades. En este sentido las áreas de mayor afectación se ubican al sur de la subcuenca del San Pedro y al noroeste de la subcuenca del Pita. Otro de los problemas críticos para estas áreas constituyen los incendios (efecto asociado a la época más seca del año que implica en ciertos meses ausencia prolongada de lluvias y disminución de humedad e incremento de temperatura y viento), donde la cobertura vegetal seca sufre quemaduras, naturales o antropogénicas, causando la pérdida de grandes áreas naturales y agrícolas.

La categoría de *pronta intervención* se presenta en el 7,84% del área de estudio, de igual manera ocurre principalmente en zonas rurales, donde se desarrollan actividades productivas como la agricultura y la ganadería, así como también en áreas alrededor de centros poblados. En este sentido el análisis es similar a las áreas de *inmediata intervención*, pero es importante señalar que dependiendo de la magnitud de las sequías estas áreas podrían subir de categoría y afectar de manera más crítica a otras zonas, donde se necesitaría actuar de manera urgente. El grado de afectación de este tipo de evento es significativo, pudiendo causar pérdidas irreparables en el estado de conservación de los recursos naturales y la necesidad de incurrir en altos costos para recuperar las actividades productivas que las comunidades, por lo general las más vulnerables, desarrollan.

Estas áreas requieren que las autoridades y las poblaciones desarrollen medidas de forma inmediata que permitan disminuir los efectos del cambio climático. Una de las formas podría ser el mejoramiento y optimización de los sistemas de riego para las áreas productivas, así como los sistemas captación y conducción de agua para consumo humano, esto ayudaría a combatir los efectos causados por el cambio climático, beneficiando los medios de vida social y humano principalmente en el área de estudio. Por otro lado en la actualidad se han generado varios programas para prevenir los incendios forestales en el Distrito Metropolitano de Quito, lo cual podría extenderse y ser aplicado en todas las áreas críticas de las subcuencas del San Pedro y del Pita.

Las microcuencas de los ríos Papallacta y Antisana no presentan una alta o muy alta vulnerabilidad a este tipo de evento. Debido a las condiciones biofísicas, principalmente, e podría pensar que en estas zonas no se requiere realizar actividades relacionadas con la capacidad de adaptación a amenazas como las sequías, sin embargo es importante señalar que a pesar de todo en éstas se producen quemadas provocadas que causan impactos serios en la cobertura vegetal natural y la fauna silvestre, en especial en las zonas de pajonales y en los remanentes de bosque de polylepis.

A continuación se describen los resultados del área de estudio:

Áreas críticas frente a sequías	Pesos o rangos	Descripción	Poblaciones	Superficie Km ²	%
Pronta Intervención	0 - 0,429	Implementación de actividades, programas y proyectos de adaptación al cambio climático en un período de 6 a 12 meses.	Poblaciones de Cotogchoa, Uyumbicho, y alrededores de las poblaciones de Aloag, Machachi, Sangolquí, y Tambillo.	149,77	7,84
Inmediata Intervención	0,430 - 0,880	Implementación de actividades, programas y proyectos de adaptación al cambio climático en un período de 1 a 6 meses.	Poblaciones de Aloasí, Amaguaña, Cutuglahua, El Chaupi, Santa Teresa, San Vicente, San Miguel de Pedregal, Panzaleo, Puichig, Tanipamba, Ubillús, y Virgen del Carmen.	277,08	11,88

Tabla 11. Áreas Críticas área de estudio - Sequías

4.1.2 Resultados por Subcuenca y Microcuenca

Considerando los factores definidos en la metodología y utilizando el software Arcgis 10, se realizaron los respectivos mapas temáticos para cada una de las unidades hídricas del área de estudio (Ver Anexo 3. Sequías, 3.2. Áreas críticas frente a sequías por subcuencas y microcuencas). A continuación se presenta un análisis de los resultados por cada subcuenca y microcuenca frente a sequías.

4.1.2.1 Subcuenca del río San Pedro

Las áreas críticas para la categoría *inmediata intervención* (23,87%) del área total de la subcuenca del río San Pedro, son zonas donde se encuentra la mayoría de la población de

la subcuenca. La categoría de *pronta intervención* (18,02%) ocupa zonas rurales donde se desarrollan actividades productivas, como la agricultura y la ganadería, que tienen una casi inexistente capacidad de adaptación a la sequía. Cabe resaltar que esta zona es considerada como abastecedora de granos, verduras y legumbres para las familias del valle de los Chillón y del sur de Quito. Estas áreas pueden cambiar de dinámica y categoría de acuerdo a las condiciones climáticas que se presentan principalmente en los meses más secos del año, lo cual las hace más vulnerables, pero si se suma a esto otras problemáticas de la zona, como por ejemplo el uso intensivo del suelo, el sobrepastoreo y la quema de la cobertura vegetal, el escenario se vuelve aún más crítico afectando en gran medida a las poblaciones, en lo que respecta a la provisión de alimentos y agua para la producción y consumo humano.

El establecimiento de medidas que permitan minimizar el impacto de la sequía es urgente, tanto en el tema de dotación de obras de infraestructura como canales de riego, reservorios y optimización de los sistemas de regadío (goteo), recuperar la cobertura vegetal en las riveras de ríos y quebradas, mantener la cobertura vegetal natural, utilizar técnicas y prácticas amigables con el medio ambiente para la producción agropecuaria, disminución de la contaminación de ríos y quebradas entre otras. Es importante que este proceso sea acompañado por un proceso continuo de difusión y capacitación, en especial en las comunidades rurales donde sus ingresos económicos dependen de las actividades agrícolas y pecuarias. También es importante involucrar en el cuidado de los recursos naturales en especial del hídrico, a todos los usuarios de los recursos como a la Empresa Pública Metropolitana de Agua Potable y Saneamiento, las centrales hidroeléctricas, florícolas e industrias.

A continuación se describen los resultados en la Subcuenca del río San Pedro:

Áreas críticas frente a sequías	Pesos o rangos	Descripción	Poblaciones	Superficie Km ²	%
Pronta Intervención	0 - 0,429	Implementación de actividades, programas y proyectos de adaptación al cambio climático en un período de 6 a 12 meses.	Poblaciones de Aloag, Cotogchoa, El Corazón, y Uyumbicho, y alrededores de las poblaciones de Machachi, Sangolquí y Tambillo.	135,19	18,02

Inmediata Intervención	0,430 - 0,880	Implementación de actividades, programas y proyectos de adaptación al cambio climático en un período de 1 a 6 meses.	Poblaciones de Aloasí, Amaguaña, Cutuglahua, El Chaupi, Santa Teresa, San Vicente, San Miguel de Pedregal, San Antonio de Chanizas, San Antonio de Pasochoa, Panzaleo, Puichig, Tanipamba, y Yanahuayco.	179,11	23,87
------------------------	---------------	--	--	--------	-------

Tabla 12. Áreas Críticas a Sequías – Subcuenca San Pedro

4.1.2.2 Subcuenca del río Pita

Las áreas críticas para la categoría *inmediata intervención* (8,20%) de la subcuenca del río Pita, se caracterizan por ocurrir en zonas rurales donde se desarrollan actividades productivas como agricultura y ganadería, donde también se asientan los pocos centros poblados de la subcuenca. En estas zonas la presión al recurso suelo genera que las áreas afectadas por la sequía se extiendan y avancen con la frontera agrícola hacia las áreas naturales, lo cual genera problemas a las captación de agua, en los meses más secos del año, debido a las tomas informales por acceso al agua, no solamente para las poblaciones que habitan en estas zonas, sino también a las que se encuentran en las zonas bajas dentro del área de estudio.

La categoría de *pronta intervención* (2,33%) también se caracteriza por ubicarse en zonas rurales con actividades productivas relacionadas con la agricultura y ganadería, pero se presentan en áreas más localizadas y prácticamente ligadas a las áreas de categoría inmediata, donde las dinámicas son similares a las descritas anteriormente. Es importante resaltar que estas áreas pueden tornarse más críticas dependiendo, si las condiciones climáticas favorecen para que los períodos de sequía sean más intensos y extensos.

En lo que respecta a las áreas críticas frente a las sequías en las zonas rurales y centros poblados, se debe impulsar un trabajo colaborativo entre las autoridades y usuarios (EPMAPS, centrales hidroeléctricas), donde deberán trabajar en forma coordinada para reducir la vulnerabilidad, a través de programas de manejo y conservación del agua, mejoramiento de las redes de distribución, y la construcción de reservorios de agua; así como también realizar actividades de capacitación a la población sobre el aprovechamiento más eficiente del agua, manejo de semillas, técnicas de ensilaje y heno, reforestación y recuperación de la cobertura vegetal natural, entre otras.

A continuación se describen los resultados en la Subcuenca del río Pita:

Áreas críticas frente a sequías	Pesos o rangos	Descripción	Poblaciones	Superficie Km ²	%
Pronta Intervención	0 - 0,429	Implementación de actividades, programas y proyectos de adaptación al cambio climático en un período de 6 a 12 meses.	No presenta centros urbanos consolidados con la excepción de la población Cuatro de Octubre.	13,66	2,33
Inmediata Intervención	0,430 - 0,880	Implementación de actividades, programas y proyectos de adaptación al cambio climático en un período de 1 a 6 meses.	No presenta centros urbanos consolidados, zonas de vegetación natural y quebradas, poblaciones de Patichubamba, Pinantura, Santo Domingo, Ubillús, y Virgen del Carmen.	48,05	8,20

Tabla 13. Áreas Críticas a Sequías – Subcuenca Pita

4.1.2.3 Microcuenca del río Papallacta

La microcuenca del río Papallacta no registra áreas con vulnerabilidades alta y muy alta con relación a la sequía. La razón principal de que no se registran áreas críticas se debe a que la microcuenca tiene niveles de precipitación y humedad suficientemente altos, que no se verían afectados por una amenaza como la sequía. Sin embargo, cuando los períodos de sequía son muy largos se presentan eventos de quemas incontroladas en especial en las áreas de pajonal, afectando a la cobertura vegetal y a la fauna silvestre. Por lo que es importante emprender un proceso de difusión tanto con las poblaciones vecinas, como con los turistas, para disminuir la posibilidad de ocurrencia de quemas.

4.1.2.4 Microcuenca del río Antisana

La microcuenca del río Antisana, al igual que en la del río Papallacta, no registra áreas con vulnerabilidades alta y muy alta con relación a la sequía, por esa razón no se registran áreas críticas. La microcuenca del río Antisana tiene niveles de precipitación y humedad suficientemente altos para que los efectos de la sequía afecten a la zona. Sin embargo es una zona muy importante pues provee del recurso agua a poblaciones ubicadas en la zona baja del área de estudio, por lo que se deben plantear medidas que integren a todos los actores que trabajan en esta unidad hídrica, así como a los beneficiarios indirectos de los

recursos, con la finalidad de que estos no se vean comprometidos por los efectos adversos del cambio climático.

CAPITULO V. CONCLUSIONES

La aplicación de la metodología y la interpretación de los datos dan como resultado que en cada una de las subcuencas y microcuencas estudiadas, existen zonas susceptibles a amenazas relacionadas con el cambio climático, particularmente con los movimientos en masa e inundaciones. Debido a este análisis, es realmente vital y urgente que se inicien programas y proyectos que permitan trabajar en la reducción del nivel de vulnerabilidad en las áreas críticas, que por definición requieren una acción urgente para disminuir los efectos del cambio climático, para esto el trabajo en temas de capacidad de adaptación es fundamental.

Con relación a las áreas críticas frente a los movimientos en masa, éstas se encuentran distribuidas en toda el área de estudio, pero su mayor impacto se presenta en las subcuencas del San Pedro, Pita y la microcuenca del Papallacta. En lo que tiene que ver con su ubicación, éstas están presentes en zonas con fuertes pendientes ubicadas en su mayor parte en zonas altas, cerca de centros poblados y lugares donde existe infraestructura vial, de educación y de salud, así como relacionada con temas de riego, almacenamiento y conducción de agua para consumo humano. Otra de las peculiaridades es que en muchos de los casos estas zonas se presentan en áreas de transición entre las zonas intervenidas y áreas naturales, lo que demuestra el avance de la frontera agrícola, lo cual desestabiliza las laderas e incrementa la vulnerabilidad frente a movimientos en masa.

Gran parte de las áreas críticas frente a movimientos en masa ocurren principalmente en zonas cercanas a poblaciones, lo cual constituye un gran problema, pues en caso de presentarse esta amenaza muchos sectores poblados podrían colapsar debido a que existiría afectación a la infraestructura vial, de educación y salud, generando emergencias y afectando directamente a la población, ya que no existe el personal capacitado para asistir estos casos de emergencia con eficiencia.

El trabajo sobre las áreas críticas frente a movimientos en masa, tanto en los centros poblados como en las áreas rurales, requiere de programas de recuperación de la cobertura vegetal natural y reforestación especialmente en quebradas. Debido a que en cada una de las subcuencas y microcuencas, existen obras de infraestructura para generación de electricidad y distribución de agua potable para la ciudad de Quito, es importante que se inicien programas de recuperación y mantenimiento de los taludes naturales, así como también la construcción de taludes en las zonas más críticas y con mayor riesgo.

Para las inundaciones, las áreas críticas se distribuyen principalmente en áreas naturales en la subcuenca del Pita y en la microcuenca del Antisana, así como también en áreas con población en zonas urbanas y rurales en la Subcuenca del San Pedro y en áreas alrededor de la laguna de Papallacta en la microcuenca del mismo nombre.

En la subcuenca del San Pedro las áreas críticas frente a inundaciones afectan áreas destinadas para la producción agrícola y pecuaria, y a zonas pobladas donde principalmente colapsan los sistemas de alcantarillado y desagües naturales. En la subcuenca del río Pita y la microcuenca del río Antisana, esta dinámica cambia y se localiza en áreas de recarga hídrica principalmente cubiertas por vegetación natural como páramos y bofedales, así como también en áreas alrededor de ríos, quebradas y cuerpos de agua de las unidades hídricas; para la subcuenca del Pita las poblaciones son afectadas drásticamente en su totalidad tanto en el aspecto humano, productivo así como en la infraestructura de riego que se encuentra en esta zona. En la microcuenca del Papallacta estas áreas críticas se localizan en zonas específicas que afectan al centro poblado de Papallacta y sus alrededores, donde debido a la complejidad topográfica de la zona esta amenaza podría también ocasionar movimientos en masa y comprometer a la gente que habita en esta zona, así como a la infraestructura física (principalmente vías) y a los sistemas de distribución de agua para consumo humano, que de manera indirecta afectan a las poblaciones que se benefician de este recurso en las zonas bajas.

En las zonas urbanas y rurales que presentan áreas críticas es importante que las autoridades, responsables y población en general desarrollen actividades para la reconstrucción y mantenimiento de acequias, canales de riego, alcantarillado y desagües naturales.

Con relación a las sequías, las áreas críticas corresponden a la mayoría de poblaciones y centros urbanos consolidados de las subcuencas de los ríos San Pedro y Pita, no se incluyen poblaciones o zonas rurales de las microcuencas de los ríos Papallacta y Antisana, debido a que los niveles de precipitación garantizan que la vulnerabilidad de estas zonas no presenten un déficit hídrico por lo tanto la vulnerabilidad es ligera y suave.

Las áreas críticas en las subcuencas del río San Pedro y Pita, se asocian a los medios de producción y las áreas donde existen asentamiento humanos, lo cual tiene que ver con las

prácticas intensivas de uso del suelo, así como la falta de infraestructura necesaria en temas de riego y distribución de agua para el consumo humano. Estos aspectos generan pérdidas en temas productivos, sociales, humanos y financieros. Por otro lado muchas de las zonas ubicadas en estas categorías sufren constantemente degradación debido a los incendios producidos, lo cual perjudica a las poblaciones, así como también al deterioro de suelos y pérdida de la cobertura vegetal natural, provocando como consecuencia la falta de agua para la producción de alimentos, así como para el consumo humano en el área de estudio.

Para las áreas críticas de las subcuencas de los ríos San Pedro y Pita se convierte en prioritario establecer medidas que permitan reducir la vulnerabilidad de estas zonas a la sequía, a través de conservación de las fuentes de agua, recuperación de la vegetación natural y suelos, reconstrucción de la infraestructura que garantice la distribución de agua, tanto para consumo humano y actividades agropecuarias, así como también de centros de salud y centros de acopio para garantizar la asistencia a la población. Adicionalmente, también es importante realizar acciones que impliquen mejorar el capital humano y social para reducir la vulnerabilidad a amenazas relacionadas con el cambio climático.

La subcuenca del río San Pedro es quizás la que mayor atención requiere en comparación con la subcuenca del río Pita y las microcuencas de los ríos Antisana y Papallacta debido a que es en esta subcuenca donde se concentra la mayoría de las poblaciones y centros urbanos consolidados.

Se destaca que con relación a sequía, la microcuenca del río Papallacta no registra afectación debido a que no presenta vulnerabilidades alta y muy alta. Esto se debe a que la zona de Papallacta tiene niveles de precipitación y humedad muy altos a lo largo del año, lo que se traduce en que no existe un déficit hídrico. Sin embargo, se presentan eventos de quemadas incontroladas que afectan al pajonal y la fauna silvestre. En esta microcuenca se encuentran las principales obras de infraestructura para la provisión de agua del DMQ, por lo que las actividades que se deben promover tienen que ver con la reducción de la vulnerabilidad, a través de programas de reforestación en quebradas, formación de zonas de amortiguamiento boscoso, establecimiento de biocorredores, entre otros.

Asimismo, en la microcuenca del río Antisana existen obras de infraestructura muy importantes para la provisión de agua de Quito y presenta unas áreas críticas muy pequeñas menores a 1 km², por lo que las principales actividades se deberían encaminar a la protección de los recursos hídricos, considerando lo especificado para el tema en los planes

de manejo de las áreas protegidas, como de las propiedades cuyo objeto es de proteger la vegetación natural, como es el caso de la Hacienda Antisana.

Los resultados obtenidos en el presente estudio, pueden ser tomados como herramientas fundamentales para procesos de planificación y ordenamiento del territorio, donde es necesario la implementación de proyectos que mejoren la capacidad de adaptación de las poblaciones y de los lugares con un mayor grado de afectación.

Utilizando como base este estudio se puede generar un portafolio de medidas para mejorar la capacidad de adaptación en las áreas críticas. Se espera que a futuro estas actividades puedan ser cristalizadas en el territorio, y puedan ser monitoreadas para identificar el avance o no de una comunidad respecto a mejorar su respuesta, frente a los efectos adversos del cambio climático.

Sin embargo, es importante mencionar que las medidas o acciones que se puedan establecer deben estar concertadas con los propietarios, poblaciones, usuarios y autoridades, ya que dependen del nivel de interés y participación, el éxito, permanencia y réplica de las medidas, así como de la disponibilidad de recursos, tiempo y costo de las medidas. También se puede mencionar que las medidas propuestas deben ser articuladas y complementarias unas con otras, por lo que es importante que se establezca un plan de acción, donde se identifiquen las fases para la implementación, los recursos disponibles y se concrete la participación de todos los involucrados, en donde el FONAG puede cumplir el rol de facilitador de este proceso.

Finalmente es muy importante resaltar que este estudio, es el resultado de los análisis llevados a cabo en los temas de exposición, sensibilidad, capacidad de adaptación y vulnerabilidad, realizados para el área de estudio, lo cual involucra una serie de análisis a detalle de un gran número de variables que dan como resultado, uno de los pocos estudios prácticos realizados en temas de cambio climático en el Ecuador.

Bibliografía

- CIFOR. 2009. CIFOR Annual Report 2008: Thinking Beyond the Canopy. Centro para la Investigación Forestal Internacional – CIFOR, Consultative Groupon International Agricultural Research - CGIAR. Bogor, Indonesia. 89 pp.<http://www.cifor.org/library/2788/cifor-annual-report-2008-thinking-beyond-the-canopy/>
- Fondo para la Protección del Agua (FONAG). 2014. Metodología para la identificación espacial de áreas críticas para la adaptación al cambio climático en las subcuencas de los ríos Pita y San Pedro y las microcuencas de los ríos orientales Papallacta y Antisana. 111p. Quito, Ecuador.
- Gorgi, F. 2006. Climate Change Hot-spots. Geophysical Research Letters, Vol 33 L08707, doi: 10.1029/2006GL025734,
- IPCC. 2012: Managing the Risks of Extreme Events and Disasters to Advance Climate Change Adaptation. A Special Report of Working Groups I and II of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Field, C.B., V. Barros, T.F. Stocker, D. Qin, D.J. Dokken, K.L. Ebi, M.D. Mastrandrea, K.J. Mach, G.-K. Plattner, S.K. Allen, M. Tignor, and P.M. Midgley (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, UK, and New York, NY, USA, 582 pp.http://www.ipcc.ch/pdf/special-reports/srex/SREX_Full_Report.pdf
- Nicholls, R.J., P.P. Wong, V.R. Burkett, J.O. Codignotto, J.E. Hay, R.F. McLean, S. Ragoonaden and C.D. Woodroffe. 2007. Coastalsystems and low-lying areas. Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, M.L. Parry, O.F. Canziani, J.P. Palutikof, P.J. van der Linden and C.E. Hanson, Eds., Cambridge University Press, Cambridge, UK, 315-356.
- Vergara W: Climate Hotspots: Climate-Induced Ecosystem Damage in Latin America.2008. LCR Sustainable Development Working Paper No. 32. 17 pp. Available from http://siteresources.worldbank.org/INTLAC/Resources/Assessing_Potential_Consequences_CC_in_LAC_2.pdf.

- SGCA- MAE/PRAA-FONAG. Muñoz A. Análisis de Variabilidad y Cambio Climático para la Cuenca Alta del Río Guayllabamba y Microcuencas Papallacta y Antisana. Quito, Ecuador. 2012.

Listado de Figuras

Figura 1. Determinación de áreas críticas vulnerables	4
---	---

Listado de Tablas

Tabla 1. Áreas Críticas del área de estudio - Movimientos en Masa	9
Tabla 2. Áreas Críticas a Movimientos en Masa – Subcuenca San Pedro	11
Tabla 3. Áreas Críticas a Movimientos en Masa – Subcuenca Pita	12
Tabla 4. Áreas Críticas a Movimientos en Masa – Microcuenca Papallacta	14
Tabla 5. Áreas Críticas a Movimientos en Masa – Microcuenca Antisana.....	14
Tabla 6. Áreas Críticas área de estudio - Inundaciones	17
Tabla 7. Áreas Críticas a Inundaciones – Subcuenca San Pedro	18
Tabla 8. Áreas Críticas a Inundaciones – Subcuenca Pita	19
Tabla 9. Áreas Críticas a Inundaciones – Microcuenca Papallacta.....	20
Tabla 10. Áreas Críticas a Inundaciones – Microcuenca Antisana.....	22
Tabla 11. Áreas Críticas área de estudio - Sequías.....	25
Tabla 12. Áreas Críticas a Sequías – Subcuenca San Pedro	27
Tabla 13. Áreas Críticas a Sequías – Subcuenca Pita	28