

## **CAPÍTULO 7: Relación entre el cambio climático y la incidencia de los movimientos de ladera.**

### **7.1. Introducción.**

El cambio climático es la variación del estado del clima, identificable en las variaciones del valor medio o en la variabilidad de sus propiedades, que persiste durante largos períodos de tiempo, generalmente decenios o períodos más largos (IPCC, 2014). Puede deberse a procesos internos naturales o externos como modulaciones de los ciclos solares, erupciones volcánicas o cambios generados por la actividad humana que inciden en la composición de la atmósfera o del uso del suelo. La Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC), en su artículo 1, define el cambio climático como “cambio de clima atribuido directa o indirectamente a la actividad humana que altera la composición de la atmósfera global y que se suma a la variabilidad natural del clima observada durante períodos de tiempo comparables”.

El Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC, Intergovernmental Panel on Climate Change) es el principal órgano internacional para la evaluación del cambio climático. Fue creado por el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA) y la Organización Meteorológica Mundial (OMM). En sus conclusiones se afirma categóricamente que el calentamiento en el sistema climático es inequívoco y, desde la década de 1950, muchos de los cambios observados no han tenido precedentes en los últimos decenios a milenios. La atmósfera y el océano se han calentado, los volúmenes de nieve y hielo han disminuido, el nivel del mar se ha elevado y las concentraciones de gases de efecto invernadero han aumentado. Por tanto, el cambio climático es una evidencia y hay que considerarlo en los estudios de riesgos de fenómenos naturales.

Los estudios del IPCC concluyen que las emisiones continuas de gases de efecto invernadero causarán un mayor calentamiento y nuevos cambios en todos los componentes del sistema climático. Se acentuará el contraste en las precipitaciones entre las regiones húmedas y secas y entre las estaciones húmedas y secas, si bien podrá haber excepciones regionales.

El cambio climático plantea riesgos para los sistemas humanos y naturales y los procesos de inestabilidad de laderas y taludes forman parte de los mismos. La evolución del clima puede acarrear cambios en los índices de precipitaciones y por tanto afectar a la incidencia de los sucesos de inestabilidad, tanto desprendimientos como deslizamientos, ya que es evidente que existe una relación inequívoca entre la ocurrencia de ambos fenómenos.

Por su parte, la Agencia Europea de Medio Ambiente, EEA (European Environment Agency) en su Informe Técnico número 13/2010, “Cartografía de los impactos de peligros naturales y accidentes tecnológicos en Europa” realizado durante el periodo 1998-2009, recoge que varias bases de datos en Europa tienen registros de casi 70 grandes derrumbes que se cobraron un total de 312 vidas y que dañaron o destruyeron una gran cantidad de infraestructuras públicas y edificios residenciales.

Para la EEA parece que no hay un patrón obvio entre el impacto producido por movimientos de ladera y los efectos del cambio climático, en cuanto a la frecuencia de los primeros. Sin embargo, es evidente que el potencial de daño causado por movimientos de suelos y rocas se agrava con el paso del tiempo.

## **7.2. Incidencia del cambio climático.**

Como se ha visto en el presente documento, la lluvia se considera como uno de los principales factores desencadenantes de los movimientos de ladera y taludes. Estudios estadísticos que relacionan la intensidad de las precipitaciones con la ocurrencia de deslizamientos y desprendimientos, realizados en las islas Azores por Marques et al (2008), establecen como umbral de precipitaciones los 65 mm, mientras que en Madeira el umbral de precipitación a partir del cual la probabilidad de que se produzcan inestabilidades supera el 50% es de 50 mm y en las islas Canarias, esta probabilidad se alcanza a partir de 25 mm en terreno muy accidentado y 40 mm para terreno accidentado.

El viento, aunque en menor medida, también es un factor importante en el desencadenamiento de procesos de inestabilidad. En este caso, los valores críticos de velocidad del viento, a partir de los cuales se ha observado la ocurrencia de inestabilidades, son los 60 km/h en zonas costeras y los 70 km/h en zonas del interior de las islas.

Ambos factores, lluvia y viento, superan los umbrales o valores críticos reseñados cuando tienen lugar fenómenos meteorológicos adversos, que son advertidos a la población por la AEMET mediante los avisos de nivel amarillo, naranja o rojo (Fig. 7.1).

CODIGO	NOMBRE DE LA ZONA	PROVINCIA	temp. máximas			temp. mínimas			racha máxima			precipitación 12 h			precipitación 1 h			nieve 24 h		
			amilo	nanja	rojo	amilo	nanja	rojo	amilo	nanja	rojo	amilo	nanja	rojo	amilo	nanja	rojo	amilo	nanja	rojo
659001	Norte de Gran Canaria	Las Palmas	34	37	40	-1	-4	-8	70	90	130	40	80	120	15	30	60	2	5	20
659003	Cumbres de Gran Canaria	Las Palmas	34	37	40	-1	-4	-8	70	90	130	40	80	120	15	30	60	2	5	20
659004	Este, sur y oeste de Gran Canaria	Las Palmas	34	37	40	-1	-4	-8	70	90	130	40	80	120	15	30	60	2	5	20
659101	Lanzarote	Las Palmas	34	37	40	-1	-4	-8	70	90	130	40	80	120	15	30	60	2	5	20
659201	Fuerteventura	Las Palmas	34	37	40	-1	-4	-8	70	90	130	40	80	120	15	30	60	2	5	20
659302	Cumbres de la Palma	Sta Cruz de Tenerife	34	37	40	-1	-4	-8	70	90	130	60	100	180	15	30	60	2	5	20
659303	Este de la Palma	Sta Cruz de Tenerife	34	37	40	-1	-4	-8	70	90	130	60	100	180	15	30	60	2	5	20
659304	Oeste de la Palma	Sta Cruz de Tenerife	34	37	40	-1	-4	-8	70	90	130	60	100	180	15	30	60	2	5	20
659401	La Gomera	Sta Cruz de Tenerife	34	37	40	-1	-4	-8	70	90	130	60	100	180	15	30	60	2	5	20
659501	El Hierro	Sta Cruz de Tenerife	34	37	40	-1	-4	-8	70	90	130	60	100	180	15	30	60	2	5	20
659601	Norte de Tenerife	Sta Cruz de Tenerife	34	37	40	-1	-4	-8	70	90	130	60	100	180	15	30	60	2	5	20
659602	Área Metropolitana de Tenerife	Sta Cruz de Tenerife	34	37	40	-1	-4	-8	70	90	130	60	100	180	15	30	60	2	5	20
659603	Este, sur y oeste de Tenerife	Sta Cruz de Tenerife	34	37	40	-1	-4	-8	70	90	130	60	100	180	15	30	60	2	5	20

Figura 7.1. Umbrales y niveles de aviso para la Comunidad Autónoma de Canarias de las variables: Temperaturas, viento, precipitación y nieve (Fuente AEMET, 2018).

De acuerdo con los modelos climáticos que elabora la AEMET, la tendencia es que el porcentaje de precipitaciones vaya disminuyendo en las Islas Canarias en las próximas décadas (Fig. 7.2) y el pronóstico es que sigan disminuyendo en el próximo siglo.

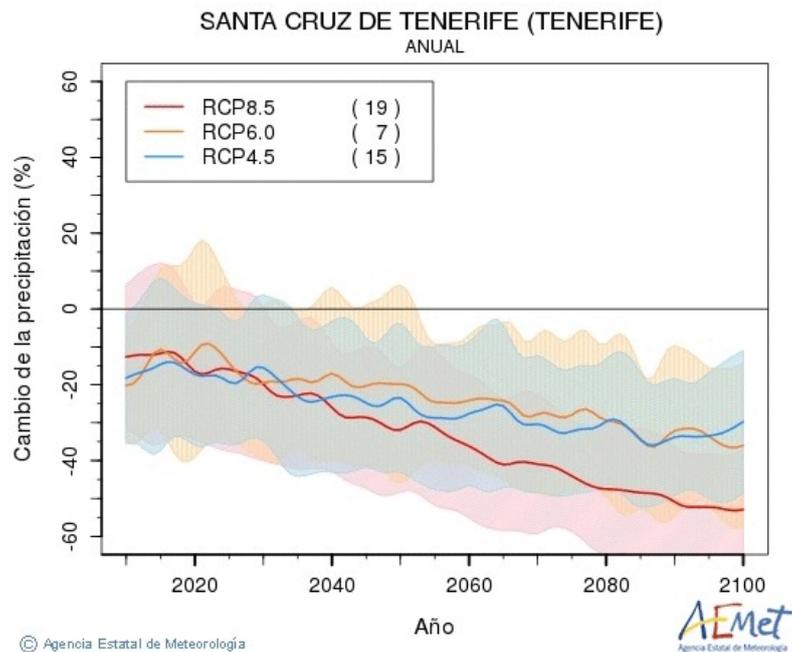


Figura 7.2. Ejemplo de modelo climático de precipitaciones para Santa Cruz de Tenerife elaborado por la AEMET.

El efecto en el terreno de esta disminución de las precipitaciones anuales, es que los materiales estarán más secos y por lo tanto serán más sensibles a la llegada de precipitaciones intensas.

Según Margottini et al (2007), con los efectos del cambio climático se pueden asumir las siguientes tendencias en los movimientos de ladera:

- Aumento en el número de flujos de escombros provenientes de lluvias de alta intensidad, junto con fenómenos de erosión y degradación del suelo, como consecuencia del aumento de las temperaturas y la aridez;
- Disminución de la actividad de fenómenos de deslizamientos de tierra lentos debido a la caída en el promedio anual total de lluvia y la consiguiente disminución en la capacidad de recarga de los niveles freáticos;
- Incremento en las deformaciones de los taludes y laderas (caídas de rocas debido a la congelación y descongelación, flujos de escombros, flujos de tierra) en áreas que ahora están cubiertas por permafrost y, por lo tanto, sustancialmente estables, luego de un aumento progresivo de la temperatura y la consiguiente reducción de permafrost y áreas glaciales.

El cambio climático provocará menos lluvias en el computo anual de precipitaciones, pero mayor número de fenómenos meteorológicos adversos en los que se superen los umbrales límites de precipitaciones que desencadenan movimientos de laderas, por lo que habrá un aumento de los mismos. Aunque ambos factores influyen, para el desencadenamiento de los mecanismos de rotura de suelos y rocas que movilizan el material en una ladera o talud de forma súbita, es más importante la superación de los umbrales límite (precipitación intensa puntual), que la cantidad de días que llueve al año (precipitación anual acumulada).

Por otro lado, el IPCC también pronostica una elevación del nivel del mar a lo largo del siglo XXI y siguientes, por lo que los sistemas costeros y las zonas bajas experimentarán cada vez más impactos adversos como inmersión, inundación costera y erosión costera (Fig.7.3), lo que provocará un incremento de desprendimientos en estas zonas.

Islas pequeñas										
Riesgo clave	Cuestiones de adaptación y perspectivas	Motores climáticos	Marco temporal	Riesgo y potencial de adaptación						
Pérdida de medios de subsistencia, asentamientos costeros, infraestructura, servicios ecosistémicos y estabilidad económica ( <i>nivel de confianza alto</i> ) [29.6, 29.8, figura 29-4]	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Existe un importante potencial para la adaptación en las islas, pero nuevos recursos externos y tecnologías mejorarían la respuesta</li> <li>• Mantenimiento y mejora de las funciones y los servicios ecosistémicos y de la seguridad de agua y alimentos</li> <li>• Se prevé que en el futuro merme mucho la eficacia de las estrategias tradicionales de respuesta de la comunidad</li> </ul>		Presente	<table border="1"> <tr> <td>Muy bajo</td> <td>Medio</td> <td>Muy alto</td> </tr> <tr> <td colspan="3">[Bar chart showing risk level: Low to Medium]</td> </tr> </table>	Muy bajo	Medio	Muy alto	[Bar chart showing risk level: Low to Medium]		
			Muy bajo	Medio	Muy alto					
			[Bar chart showing risk level: Low to Medium]							
Corto plazo (2030-2040)	<table border="1"> <tr> <td colspan="3">[Bar chart showing risk level: Medium to High]</td> </tr> </table>	[Bar chart showing risk level: Medium to High]								
[Bar chart showing risk level: Medium to High]										
Largo plazo 2°C (2080-2100) 4°C	<table border="1"> <tr> <td colspan="3">[Bar chart showing risk level: High to Very High]</td> </tr> </table>	[Bar chart showing risk level: High to Very High]								
[Bar chart showing risk level: High to Very High]										
La interacción del creciente nivel global del mar en el siglo XXI con episodios de gran elevación del nivel del agua supondrá una amenaza para las zonas costeras bajas ( <i>nivel de confianza alto</i> ) [29.4, cuadro 29-1; GTI IES 13.5, cuadro 13.5]	<ul style="list-style-type: none"> <li>• La alta proporción de superficie costera en relación con la masa terrestre en las islas hará que la adaptación suponga un importante problema financiero y de recursos</li> <li>• Entre las posibilidades de adaptación figuran el mantenimiento y la restauración de la topografía y los ecosistemas costeros, una mejor gestión de los suelos y los recursos de agua dulce y unos códigos de construcción y pautas de asentamiento adecuados</li> </ul>		Presente	<table border="1"> <tr> <td>Muy bajo</td> <td>Medio</td> <td>Muy alto</td> </tr> <tr> <td colspan="3">[Bar chart showing risk level: Low to Medium]</td> </tr> </table>	Muy bajo	Medio	Muy alto	[Bar chart showing risk level: Low to Medium]		
			Muy bajo	Medio	Muy alto					
			[Bar chart showing risk level: Low to Medium]							
Corto plazo (2030-2040)	<table border="1"> <tr> <td colspan="3">[Bar chart showing risk level: Medium to High]</td> </tr> </table>	[Bar chart showing risk level: Medium to High]								
[Bar chart showing risk level: Medium to High]										
Largo plazo 2°C (2080-2100) 4°C	<table border="1"> <tr> <td colspan="3">[Bar chart showing risk level: High to Very High]</td> </tr> </table>	[Bar chart showing risk level: High to Very High]								
[Bar chart showing risk level: High to Very High]										

**Figura. 7.3.** Riesgos clave en islas pequeñas del cambio climático y potencial de reducción de los riesgos mediante la adaptación y mitigación (Fuente: IPCC, 2014).

Por lo tanto, puede concluirse que el cambio climático es una evidencia indiscutible y que existe una relación causa-efecto entre el nivel de precipitaciones y el desencadenamiento de movimientos de laderas. Que existen unos umbrales de precipitaciones a partir de los cuales se activan los mecanismos de los movimientos masas de suelo y rocas que provocan desprendimientos y deslizamientos y que estos umbrales se superan generalmente con los fenómenos meteorológicos adversos. Que el cambio climático provoca en la actualidad y provocará en las próximas décadas mayor número de fenómenos atmosféricos que llevan asociadas precipitaciones intensas que superaran los umbrales que disparan los movimientos de ladera, por lo que estima un mayor número de este tipo de fenómenos, aunque en la actualidad no es posible establecer ni la frecuencia ni la intensidad de los mismos.

### 7.3. Mitigación de los efectos del cambio climático

Los riesgos se amplifican para los usuarios de infraestructuras deficitarias o para las personas que viven en zonas expuestas en edificios de mala calidad y sin protección frente a movimientos de ladera y taludes. Mediante la reducción de los déficits de servicios básicos, la mejora de la vivienda y la construcción de sistemas de infraestructuras resilientes se podrían conseguir reducciones significativas de la vulnerabilidad y la exposición en las zonas urbanas y en las redes de comunicación y transporte.

Disponer de guías metodológicas para la gestión y tratamiento de los procesos de inestabilidad de laderas y taludes podría ayudar a mejorar aún más las normas de seguridad contra movimientos de ladera a nivel europeo al proporcionar información básica esencial para la gestión integrada de riesgos.

Para la EEA, en las últimas décadas ha habido un cambio en el enfoque de la gestión integrada de riesgos, la mitigación defensiva, que ha reducido el impacto de los movimientos de ladera con éxito.

Como los movimientos de ladera son fenómenos locales, es particularmente importante la participación e implicación de todas las partes interesadas (técnicos, responsables públicos y población) de la región de que se trate, para lograr el mejor y mayor conocimiento del fenómeno y de sus riesgos y abordar la gestión del problema con mayores garantías y efectividad.

Una vez que se tiene el mejor conocimiento del fenómeno y que se dispone de las herramientas metodológicas apropiadas para su estudio, el foco debe ponerse en las medidas preventivas, como el principal pilar para la mitigación de los efectos del cambio climático.

La futura implantación y posterior aplicación de las guías de gestión de los procesos de inestabilidad de laderas y taludes en las respectivas regiones volcánicas insulares de la Macaronesia, que se deriven del proyecto MACASTAB, procurarán una mejor adaptación al incremento de los fenómenos meteorológicos adversos y a la variación del nivel de mar. Tomar las medidas que se indiquen en la metodología generada en MACASTAB, a nivel de proyecto de obras y a nivel de planificación territorial, hará que aumente la resiliencia y se posibilite el desarrollo sostenible, favoreciendo la adaptación con éxito al cambio climático de los archipiélagos volcánicos de la Macaronesia.