

2017 年哥倫比亞莫科阿 (Mocoa) 山洪爆發事件

王俞婷、張志新、施虹如

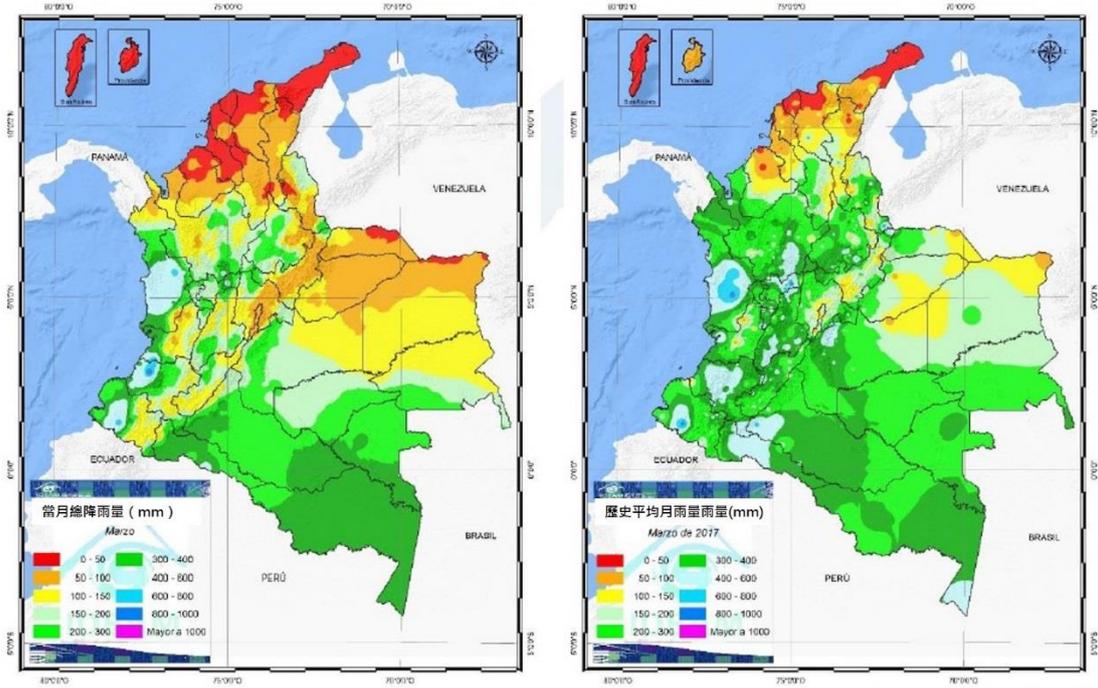
國家災害防救科技中心 坡地與洪旱組

摘要

哥倫比亞西南部城市莫科阿(Mocoa)於 2017 年 3 月 31 日至 4 月 1 日一場暴雨引致莫科阿(Mocoa)、穆拉托(Mulato)及桑戈耶克(Sangoyaco)三條主要河川的山洪爆發，大量土石伴隨洪水於 1 日清晨衝進莫科阿市區，截至 4/3 為止，造成 314 人死亡、332 人輕重傷、失蹤 106 人，在莫科阿居住的 7 萬人中，大約 17,500 人受到洪水和土石流的影響，3,417 人疏散至臨時避難所，莫科阿的 37 個社區中有 36 個受到影響。其中又以莫科阿(Mocoa)南部地區最為嚴重。造成此次嚴重災害的三大主要原因為極端的天氣的誘因、森林過渡砍伐、及缺乏都市規劃城市擴張河川附近房屋的大量建設。

一、氣象概述

2017 年 3 月 31 日，來自大西洋的暖空氣夾帶旺盛水氣由東南方越過亞馬遜抵達安地斯山脈附近，受地形舉升效應影響，旺盛對流於迎風面逐漸發展，形成中尺度對流複合體(Mesoscale Convective Complex；簡稱 MCC)。此中尺度對流系統強度相當於強烈雷雨胞的等級。該對流系統於莫科阿(Mocoa)地區降下超過 130 毫米的雨量，相當於當地平均月雨量的三分之一（圖 1），其中有大約 100 毫米的雨量是在短短三小時內所降下。加上該對流系統的移速緩慢，使得此次災情影響加劇。從圖 2 的日累積雨量分布來看，31 日的最大累積雨量位於普圖馬約省(Putumayo)的莫科阿(Mocoa)地區，日累積雨量超過 80 毫米以上，其他地區則測得 20 毫米至 40 毫米左右的雨量。



(a)當月總雨量

(b)歷史平均月總雨量

圖 1 哥倫比亞降雨分佈 (資料來源：IDEAM)

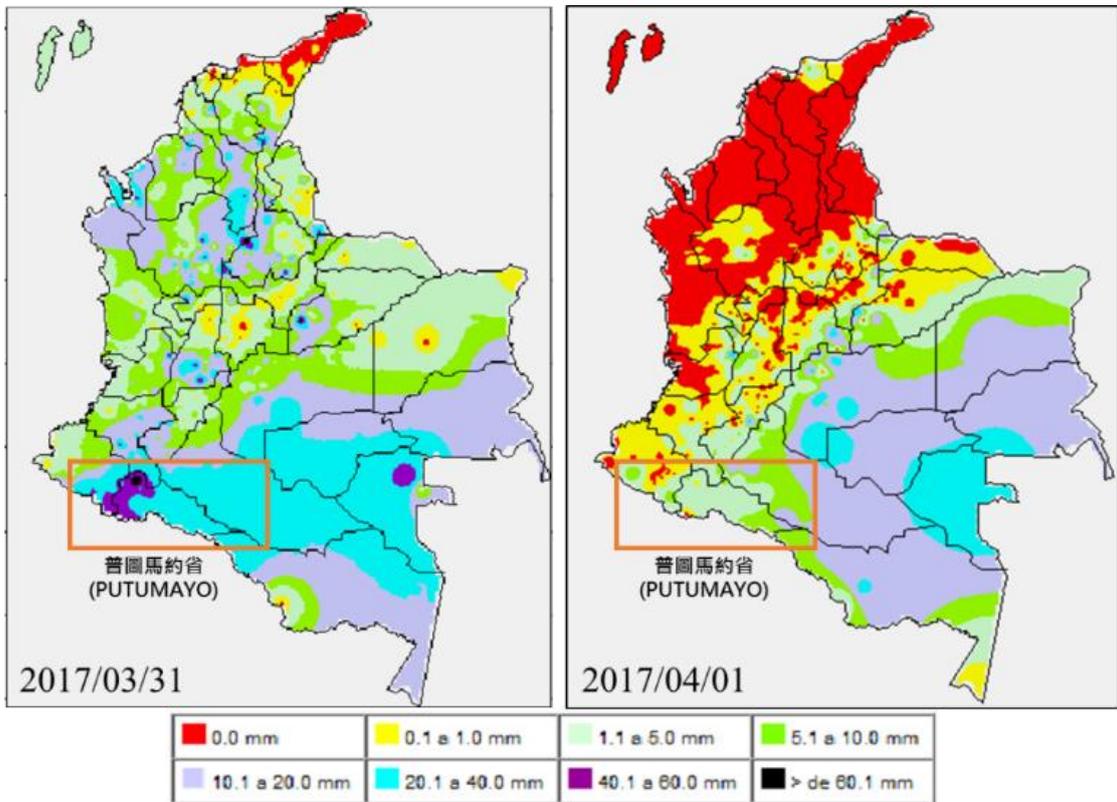


圖 2 哥倫比亞日累積雨量分佈，左圖為 3 月 31 日、右圖為 4 月 1 日 (資料來源：IDEAM)

二、 災情紀錄

莫科阿(Mocoa)位處莫科阿(Mocoa)、穆拉托(Mulato)及桑戈耶克(Sangoyaco)三條主要河川交匯處，四周環繞著陡峭山坡，在此次事件中，因位處於對流旺盛的迎風面處(圖 3)，受到地形抬升效應影響，降下豪雨，除溪水暴漲溢流外，引發了RIO LA TARUCA 上游邊坡崩塌，大量土石伴隨著洪水，於當地時間 4 月 1 日清晨 3 時侵襲莫科阿市區(圖 4)。根據 United Nations Office for the Coordination of Humanitarian Affairs(簡稱 OCHA)於 4 月 3 日統計，該場土石流洪水事件共造成 314 人死亡、332 人輕重傷、失蹤 106 人，在莫科阿居住的 70,000 人中，大約 17,500 人受到洪水和土石流的影響，3,417 人疏散至臨時避難所，莫科阿 37 個社區中有 36 個受到影響。

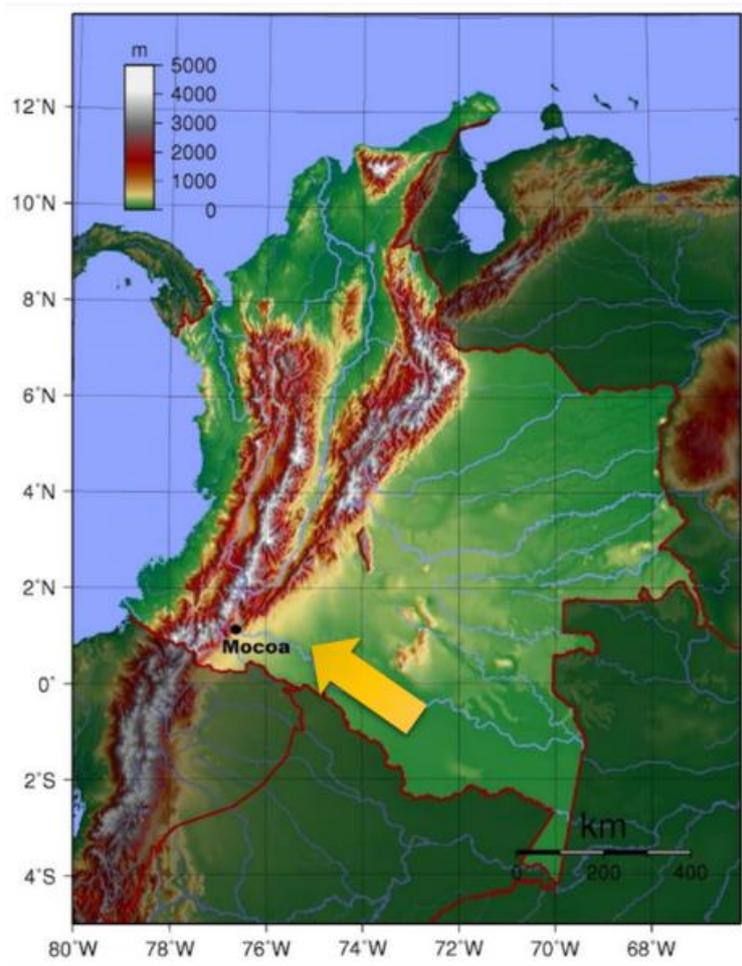


圖 3 哥倫比亞地形分布，本次災害發生於迎風面的莫科阿(Mocoa)地區
(資料來源：維基百科)

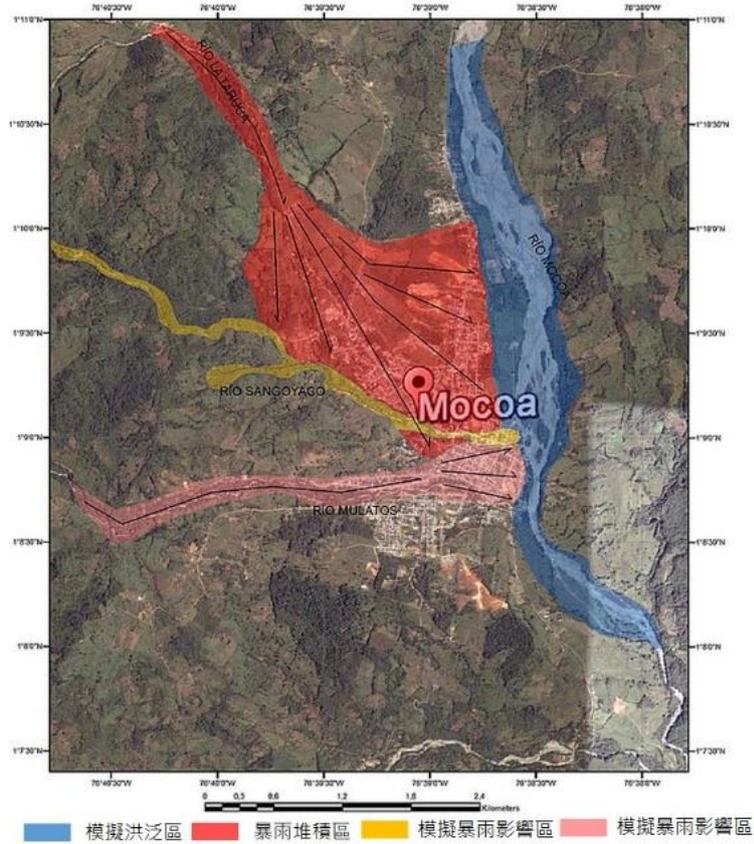


圖 4 地形示意圖（本圖修改自 Bogotá D. C., 07 de abril de 2017 — Agencia de Noticias UN）

根據聯合國訓練研究所（United Nations Institute for Training and Research）進行災後影像判釋分析顯示，建築物遭受土石流破壞主要區域在 RIO TARUCA 下游，受損建物預估 328 棟（圖 5 左），整體洪泛淹沒區域如圖 5 右。

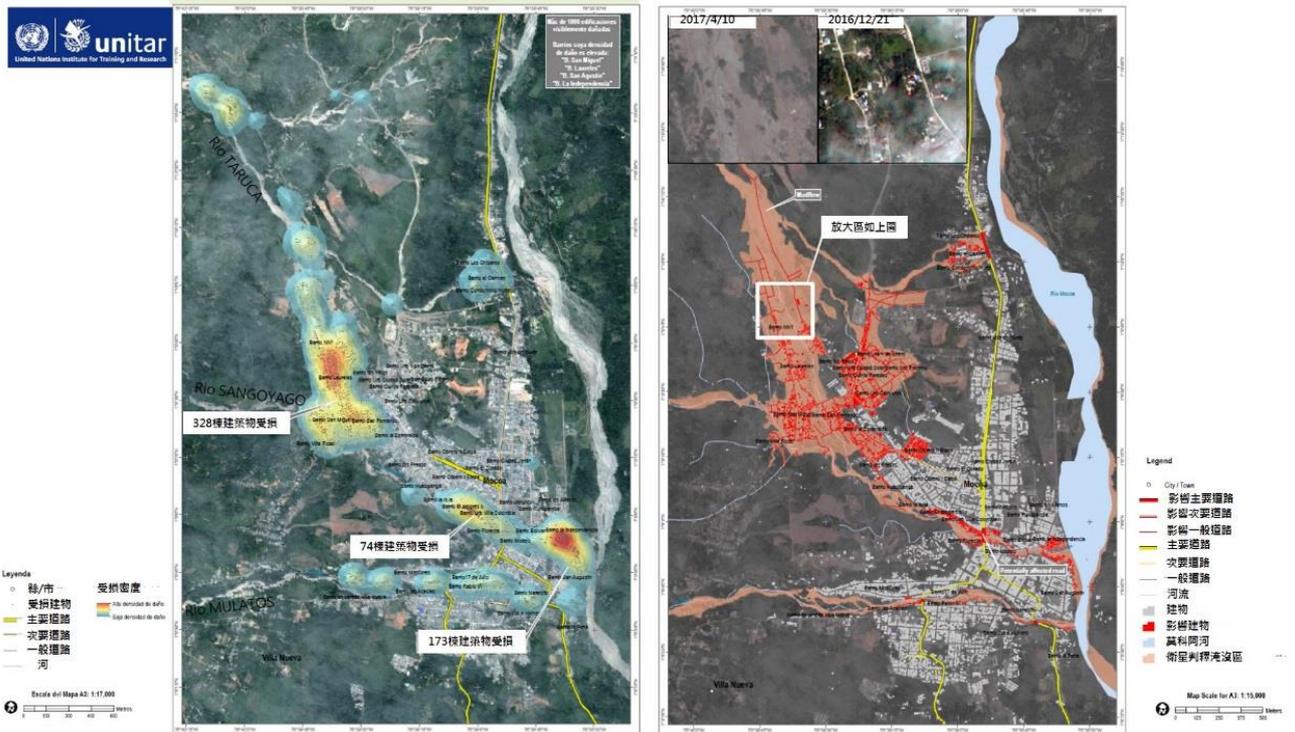


圖 5 建築物受損分佈 (圖左)，影像判釋受災區域 (圖右)

此外，在基礎設施上，除了電力，供水，汙水處理設施受到影響外，當地約 7 座橋樑等道路也遭土石流摧毀中斷，使得救援更加困難。根據哥倫比亞發布的土石流及洪水警戒，就有多達 500 個城市位於土石流及洪水潛勢區，其中有 182 個城市屬於紅色及橘色中高度警戒區、圖 6、圖 7 為莫科阿市區災情狀況，除泥流外，也能看到洪水所夾帶巨大的土石。這些地區的屋頂似乎主要由鐵製成。碎片與泥土融合，造成挖掘困難。



圖 6 莫科阿於 4 月 1 日河水暴漲情形(資料來源：哥倫比亞總統新聞辦公室)



圖 7 莫科阿(Mocoa)當地災情照片(資料來源：Colombian Army)

災害發生後，哥倫比亞總統曼努埃爾·桑托斯(Manuel Santos)於 4 月 1 日下午宣布此次災害為「公共災難(Public Calamity)」，並請求國家災害風險管理 UNGRD 援助。UNGRD 立即在莫科阿設立了緊急行動中心，協助當地居民辦理緊急住院，清除泥土整理環境，以及提供食品、水和非食品等初步服務，為無家可歸者建立了 11 個收容所。

三、 災後問題探討

根據哥倫比亞水文、氣象與環境研究所(Institute of Hydrology, Meteorology and Environmental Studies of Colombia, IDEAM)奧馬爾·佛蘭哥(Omar Franco)指出，此次災害除了極端天氣為主要誘因外，過去幾年來，由於森林過度濫砍和缺乏都市規劃城市擴張河川附近房屋的大量建設，都是加劇此次土石流洪水事件衝擊影響的潛在因素之一，以下將分別說明：

- 極端天氣

哥倫比亞每年大約有兩次雨季，分別在 3-6 月及 9-11 月，但每年雨季常造成洪水災害，如下表 1，以此次最為嚴重，這是自 1985 年以來哥倫比亞托利馬省(Tolima)火山爆發造成四個鎮和村莊被毀二萬多人死亡後，傷亡最多的天然災害。

表 1 哥倫比亞歷史災情（本文整理）

年份	災情說明
2003	40 人死亡
2004	9-11 月造成 30 人死亡
2005	9 月份開始的雨季造成至少 80 人死亡，91 人受傷，受災人數超過 18 萬，從雨季開始在全國已發生 97 次洪水，37 次風災，30 次泥石流，共造成 469 棟房屋損毀，1 萬 4 千多棟房屋損壞。全國 26 個省受暴雨影響，最嚴重為位於北部的科爾多瓦省，此外，東部的桑坦德省和西北部的安蒂奧基亞省，有超過 4 千戶受到河流潰堤的威脅。
2009	自 3 月，大雨引發各種災害，造成 39 人死亡，22 人受傷，2 人失蹤，受災 7.8 萬人，全國有 23 個省的 154 個市受災，其中西北部安蒂奧基亞省、中部昆迪納馬卡省、中西部托利馬省、西部考卡山谷省以及西南部納里尼奧等省份災情為嚴重。此外，大雨引發的洪水、山體滑坡等導致 314 座房屋被毀，數千公頃農田被淹沒，數十條公路被關閉，部分橋樑損壞。
2010	7 月雨季共造成 47 人死亡，119 人受傷，15.8 萬人（3.5 萬個家庭）受災。在 27 個省的 230 個市，29500 處住宅受到破壞。在馬格達萊納省 600 處住房被淹。
2011	4 月，今年以來因暴雨 89 人死亡，57 萬個家庭受災。全國 1099 個城市中 1000 個城市受災。
2015	5 月因豪雨引致安蒂奧基亞省薩爾加的山洪爆發，造成 97 人死亡。在洪水和山體滑坡中，至少有 437 戶房屋被徹底摧毀。此外，阿勞卡，安蒂奧基亞，卡桑納雷，科科爾，科爾多瓦和桑德蘭德省的 173 個直轄市，多達 20233 戶家庭遭受洪災影響。
2016	十月以來，洪水災害共影響了全省十七個直轄市，10 月 26 日西北部由大雨引發的滑坡造成至少 10 人死亡，6 人失蹤，3 人受傷。
2017	3 月 31 日至 4 月 1 日一場暴雨引致莫科阿(Mocóa)、穆拉托(Mulato)及桑戈耶克(Sangoyaco)三條主要河川山洪爆發，大量土石伴隨洪水於 1 日清晨衝進莫科阿市區，截至 4/3 為止，造成 314 人死亡、332 人輕重傷、失蹤 106 人，在莫科阿居住的 70,000 人中，大約 17,500 人受到洪水和泥石流的影響，3,417 人在臨時避難所，莫科阿 37 個社區中有 36 個受到影響。 5 月哥倫比亞卡利，暴雨致考卡河水位上漲發生洪災，已造成數人死亡，數千人受影響。

根據 IDEAM 分析結果，3 月份在莫科阿的降雨量比平常多了 50%（圖 9）。另外，NOAA 也根據海溫進行分析，利用 1981~2010 平均週期海溫，與 4 月份一週平均海平面溫度進行比較，發現高於平均 3-4 度，此溫度可能增加了蒸發散速度，致沿海鄰近國家降雨量增加（圖 10），如秘魯及加勒比海沿岸國家亦因水患造成傷亡。

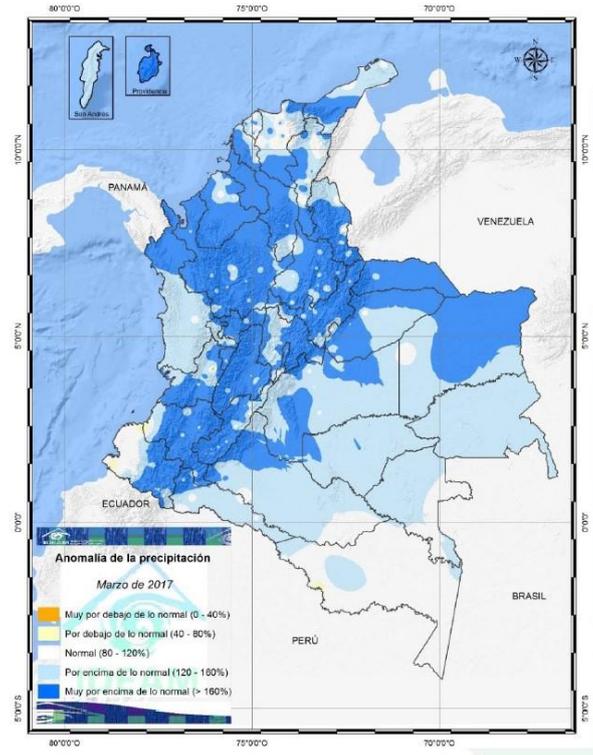


圖 9 異常沉澱，歷史平均水平（1981-2010）。（正或高於正常：藍色，負的或低於在正常：黃色，正常狀態：白色）。（資料來源：IDEAM）

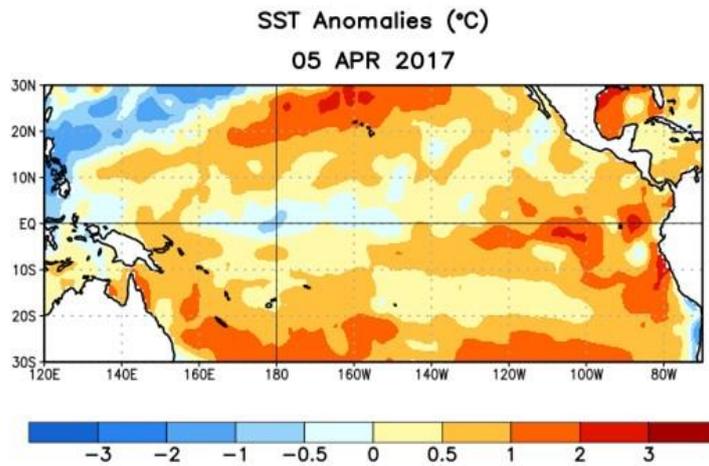


圖 10 1981 年~2010 年週期平均海溫與 4 月份週期平均海溫比較圖。（資料來源：NOAA）

- 森林過度濫砍

由哥倫比亞水文，氣象與環境研究所（IDEAM）使用的地面圖像判釋發現，森林覆蓋率從 1990 年的 56.8% 下降到 2012 年的 52.6%，即近 500 萬公頃。根據 IDEAM 的統計，由於採礦和轉用農業用途，哥倫比亞在 2014 年失去了 140,356 公頃的森林覆蓋率，而 2013 年則為 120,934 公頃。此外，透過 USGS 的 Landsat

判釋，比較 1989 年的 Landsat 4 及 2011 年的 Landsat 8 的影像發現森林覆蓋也有明顯的減少（如圖 8 所示）。

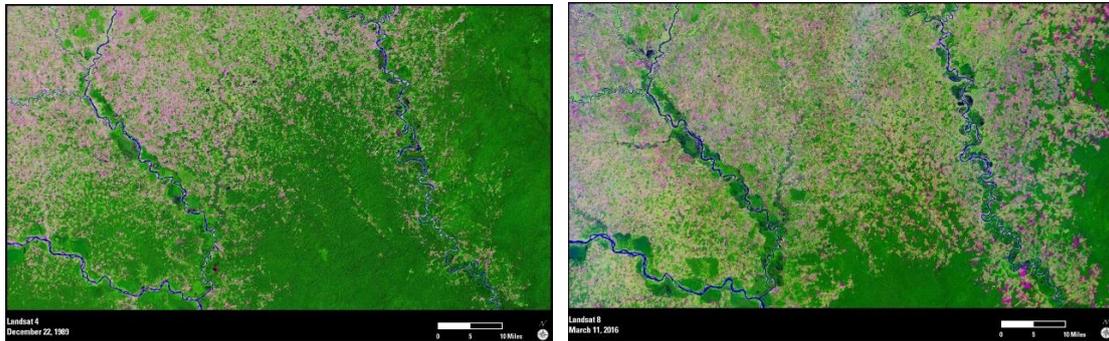


圖 8 哥倫比亞 Landsat 森林覆蓋率比較（深綠色代表森林覆蓋。粉紅色，黃色和淺綠色表示減少的森林）。（資料來源：USGS / NASA Landsat 計劃）

- 缺乏都市規劃，城市擴張

學者指出：城市規劃不善，土地利用不足缺乏風險管理，原因在於莫科阿四周環山 又為三條溪流匯集處，其地質極為不穩定，且該區森林損失率最高，近年來由於畜牧、種植古柯鹼及採礦導致大量伐木，伐木之後造成管理和穩定水循環的生態系統遭到破壞，森林面積大量流失，且近年來收容了鄰近 San Miguel, Los Laureles and La Floresta 等地區因水患造成的 3,500 名流離失所者，在山谷、河岸堤防區建造房舍，增加了洪災的風險。

四、 結論

哥倫比亞因地理位置的關係，經常遭受崩塌、洪水、火山及地震等天然災害的侵襲，導致人命傷亡、房屋損毀及民眾流離失所的問題，此次災害也因為極端天氣、森林過度砍伐及缺乏都市規劃城市擴張等因素造成嚴重傷亡，哥倫比亞災害風險管理部門 (Unidad Nacional para la Gestión del Riesgo de Desastres, UNGRD)，也積極與相關單位合作，如世界銀行(World Bank)規劃有關哥倫比亞災害風險管理計畫，以及 2015-2018 年風險管理國際合作戰略計畫(Plan Estratégico de Cooperación Internacional en Gestión del Riesgo de Desastres)等，希望能夠有效降低民眾生命財產之損失。

參考文獻

1. Unidad Nacional para la Gestión del Riesgo de Desastres
<http://portal.gestiondelriesgo.gov.co/>
2. The Weather Channel
<https://weather.com/news/news/colombia-water-avalanche-images-photos>
3. UNICEF Colombia Humanitarian
<http://reliefweb.int/sites/reliefweb.int/files/resources/UNICEF%20Colombia%20Humanitarian%20SitRep%20No.%202%2C%205%20April%202017.pdf>
4. Organización Meteorológica Mundial
<https://public.wmo.int/es/media/noticias/derrumbes-e-inundaciones-causan-devastaci%C3%B3n-en-colombia>
5. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales
<http://institucional.ideam.gov.co/>
6. WEATHER UNDERGROUND
<https://www.wunderground.com/cat6/meteorology-saturdays-colombian-flood-disaster-killed-254?mr=1>
7. U.S. Geological Survey
<https://remotesensing.usgs.gov/gallery//gallery-nojs.php?id=579&cat=3>
8. The Bogotá Post
<http://thebogotapost.com/2017/05/20/mocoa-preventing-future-disaster/>
9. United Nations Office for the Coordination of Humanitarian Affairs
http://reliefweb.int/sites/reliefweb.int/files/resources/170403_flash_update_3_municipio_de_mocoa_-_putumayo.pdf
10. Eidgenössische Technische Hochschule Zürich
<http://www.step.ethz.ch/step-tramm/mocoa-event-2017.html>