

气候变化如何影响哥斯达黎加的水资源

文/Laura Gil

科学家准备泉水样品，用于分析哥斯达黎加埃雷迪亚的惰性气体。

(图/哥斯达黎加埃莱蒂亚公共服务公司L. Castro)



“虽然我们一直贯彻法规来保护我们的水资源，但不同的是现在我们可以更精确、更有效地保护。”

—哥斯达黎加国立大学稳定同位素研究小组协调员Ricardo Sánchez-Murillo

哥斯达黎加坐落在将太平洋与加勒比海分开的一块狭长的土地上，近年来海洋温度不断高于平均水平，并发生了有史以来第一次飓风。在国际原子能机构的帮助下，哥斯达黎加的科学家们现在转向利用同位素技术，在已被确定为可能受气候变化特别影响的地区监测这些极端天气事件，保护该国的水资源和人口。

“水是有记忆的。”位于埃雷迪亚的哥斯达黎加国立大学稳定同位素研究小组协调员Ricardo Sánchez-Murillo说。“利用同位素，我们可以记录这些记忆，并使用我们在降水中收集的当前信息了解过去的气候事件，改善哥斯达黎加应对飓风等未来气象事件的计划。”2015年，严重的干旱过后，中美洲出现了一次最强的厄尔尼诺南部震荡。厄尔尼诺南部震荡是该地区数百年来一直在发生的一种海洋表面变暖现象。一年后，哥斯达黎加遭遇了有史以来中美洲最南端地区的第一次飓风。

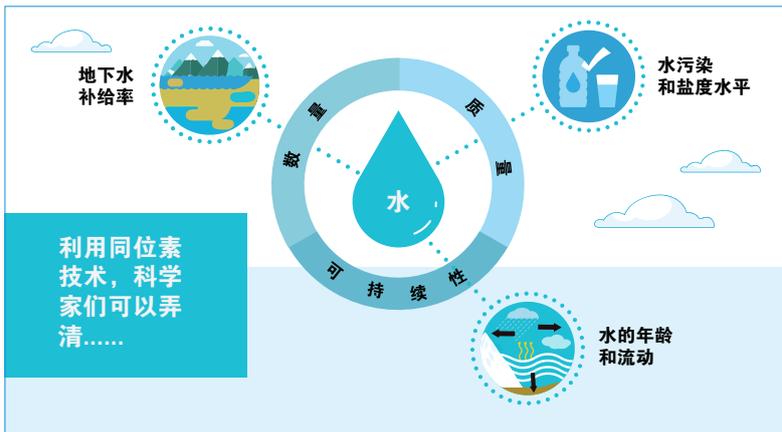
“我们的历史记录中还未曾记录发生过对哥斯达黎加产生影响的飓

风。”Sánchez-Murillo说。“所以我们很容易受到影响并遭受灾难后果，因为我们不知道如何应对。”

这些现象伴随着一系列同位素指纹特征，Sánchez-Murillo等科学家们可以利用特殊的核衍生技术捕获这些指纹特征。记录这些特征后，他们使用同位素数据，结合气候模型和过去的气候记录，预测未来气象事件的频率、量级和强度，并通知当局，使当局可以做好更充分的准备。这背后的科学被称为同位素水文学（见第15页“科学”栏）。

“我们现在有了这些示踪剂，它们可以作为‘哨兵’。”Sánchez-Murillo说道。“这些技术使我们有能力看到常规手段无法实现的东西。常规方法看不到的情况，同位素可以看到。”

利用同位素技术研究对水系统知之甚少的专家们也在寻找解决与气候变化有关的水资源挑战的解决方案，这些挑战甚至影响到包括哥斯达黎加在内的最潮湿地区。通过这些技术，科学家们可以确定水源的数量和质量。他们使用天然存在的同位素作为



示踪剂，弄清地下水源于何处，是新的还是旧的，是否正在得到补给或被污染，以及如何运输的。

通过原子能机构的技术合作计划，哥斯达黎加的水文学家获得了支持和培训，以建立一个追踪降水和地下水过程的监测网络。

了解降雨模式有助于水文学家了解水的补给地点、时间和方式，这些信息是制定土地和水资源管理计划的关键。利用同位素，他们研究了中央山谷中的水资源。中央山谷是太平洋和加勒比斜坡之间的一条生物走廊，为哥斯达黎加约五分之一的人口（约100万）提供饮用水。目前，他们了解到含水层获得新水的确切高度和区域。

“了解控制降雨模式的关键因素及其与地下水补给的关系对于政府和环境机构优先考虑资源和工作至关重要。”

要。” Sánchez-Murillo说。“既然我们知道了关键的补给区以及地下水的运输方式，我们就可以越过商业活动，优先考虑保护这些区域。”

(图/国际原子能机构F. Nassif)

影响政策

Sánchez-Murillo及其团队的工作旨在使政府能够在最关键的补给区域采取保护措施，继而使居民、农民或企业能够继续开展活动，而不会对水源产生负面影响。

“虽然我们一直贯彻法规来保护我们的水资源，但不同的是现在我们可以更精确、更有效地保护。” Sánchez-Murillo说。“我们确切地知道哪些区域需要特别关注，知道如何保护它们以确保现在和未来几十年的用水供应。”

科学 同位素水文学

每个水分子都含有氢原子和氧原子，但这些原子并不完全相同：有些原子较轻，有些原子较重。

“所有天然水的氢氧同位素组成都是不同的。”原子能机构同位素水文学家Lucía Ortega说。“我们利用这种同位素组成作为水的指纹。”

随着水从海洋中蒸发，具有较轻同位素的分子往往优先上升。随着降雨，具有较重同位素的分子较快落下。云向内陆移动越远，雨中轻同位素分子的比例越高。

Ortega说，水落到地上，进入湖泊、河流和含水层。“通过测量轻同位素与重同位素之间的比例差异，我们可以估计不同水域的来源。”

此外，水中存在的天然放射性同位素的丰度，如溶解在水中的氡和惰性气体同位素的丰度，可用于估算地下水的年龄——从几天到千年。“这对于帮助我们评价水的质量、数量和可持续性至关重要。”她说。