

# PROYECTO DE INVESTIGACION SOBRE INCENDIOS FORESTALES “*FIRETROP*” EN LA COMUNIDAD DE PILCO GRANDE, PERÚ

---

Resumen del trabajo realizado en las quemas experimentales  
de Julio 2012



Centre d'Estudis del Risc Tecnològic  
UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE  
CATALUNYA  
BARCELONATECH

Environmental Change Institute



## Introducción

Los incendios son una de las mayores perturbaciones antrópicas recurrentes en la región Pan Amazónica, lo que conlleva cada año la pérdida de carbono, disminución de la biodiversidad, personas heridas y muertas, millones de dólares en bienes y servicios perdidos, especialmente en la reducción de la calidad del agua y del aire. A pesar de tener la mayor productividad y biodiversidad del mundo, las interacciones entre la deforestación y los fenómenos climáticos extremos pueden convertir esta zona en un sistema sensible a los incendios forestales. Los bosques nublados de montaña tropical (*Tropical Montane Cloud Forests*, TMCFs) son uno de los ecosistemas del mundo más sensibles al fuego y se encuentran en zonas montañosas tropicales de América del Sur, África y Asia. En los Andes, los TMCFs se encuentran alrededor de 3.000 msnm, situados inmediatamente debajo de pastizales montanos altamente inflamables (Puna). Aunque el comportamiento del fuego en las zonas templadas ha recibido una atención significativa por parte de la comunidad científica, existe una falta importante de conocimiento en cuanto a comportamiento del fuego en ecosistemas tropicales se refiere. Con el fin de desarrollar una adecuada estrategia de gestión integrada del fuego que ayude a proteger los ecosistemas y su biodiversidad, es crucial desarrollar tareas de investigación con el fin de caracterizar el comportamiento del fuego y los modelos de combustible en los TMCFs.

El objetivo de este proyecto es desarrollar herramientas para la caracterización del comportamiento del fuego en los TMCFs de los Andes peruanos. Para lograr este objetivo, el proyecto propone: i) clasificar los tipos principales de vegetación en tipologías de modelos de combustible, ii) estudiar el comportamiento del fuego en cada modelo de combustible y iii) describir la sustentabilidad del fuego a través de un modelo estadístico. Esta última es una herramienta clave para predecir con precisión la propagación del fuego en función de un determinado conjunto de condiciones (meteorología, combustible, topografía) y la implementación exitosa de políticas de manejo del fuego, especialmente en zonas con dinámicas de humedad complejas, como son los TMCFs. Además, la correcta caracterización de las variables del comportamiento del fuego (la propagación del fuego, altura de la llama, el tiempo de residencia, y la intensidad) permitirá mejorar la estimación de las emisiones de efecto invernadero debido a los incendios forestales en los trópicos.

El proyecto está llevado a cabo por un equipo multi-disciplinar de científicos con probada experiencia en el tipo de investigación que se tiene que desarrollar. Es un proyecto de referencia como marco de colaboración internacional entre universidades. Así las universidades involucradas en el proyecto son la Universitat Politècnica de Catalunya (España), University of Oxford (Reino Unido) y la Universidad Nacional Agraria la Molina (Perú). Durante el mes de Julio de 2012 se ha llevado a cabo la primera campaña experimental en campo que corresponde a la fase inicial del proyecto. A continuación se resumen las actividades más destacadas.

## Resumen de las tareas realizadas

El plan de trabajo realizado en Pilco Grande entre el 1 y el 10 de Julio de 2012 cubrió tres objetivos:

1. Caracterizar las propiedades físicas de la Puna.
2. Realizar experimentos con fuego controlado para observar la sustentabilidad de las llamas en la Puna.
3. Capacitar a la comunidad de Pilco Grande en aspectos básicos del comportamiento del fuego y en las tareas de extinción de las quemadas.

A continuación se resumen las tareas efectuadas en estos tres bloques.

### *1. Caracterización de las propiedades físicas de la Puna*

Para llevar a cabo una buena gestión de incendios en la Puna es necesario caracterizar y cuantificar las propiedades de la vegetación combustible que ejercen una mayor influencia en el comportamiento del fuego. Las propiedades más importantes a tener en cuenta son: carga y altura de la vegetación, cubierta de la vegetación (proporción de área cubierta por musgos, hierbas y zonas descubiertas), fracción de hierba seca/hierba verde, humedad de hierba seca y verde, humedad del musgo y humedad de la capa de materia orgánica en descomposición. Estas características pueden ser distintas en función de dónde se midan. Por ejemplo, no se encontrarán los mismos valores en zonas de Puna joven (quemada recientemente), Puna adulta (zonas que quemaron hace más tiempo) o Puna sometida a pastoreo. Por ello, durante la campaña experimental se realizaron muestreos en dos tipos de Puna: Puna quemada en 2005 y Puna quemada en 2009. En la Figura 1 se pueden observar los dos tipos de Puna mencionados, localizados en Pilco Grande, así como la frontera entre ambos. Así, en la parte inferior de la imagen se encuentra la Puna más alta, quemada en 2005 y en la parte superior se encuentra la Puna más joven, quemada en 2009. A continuación se detallan las tareas que se realizaron en este bloque de trabajo.



**Figura 1. Tipos de Puna a caracterizar**

#### **1.1. Muestreo cualitativo de vegetación**

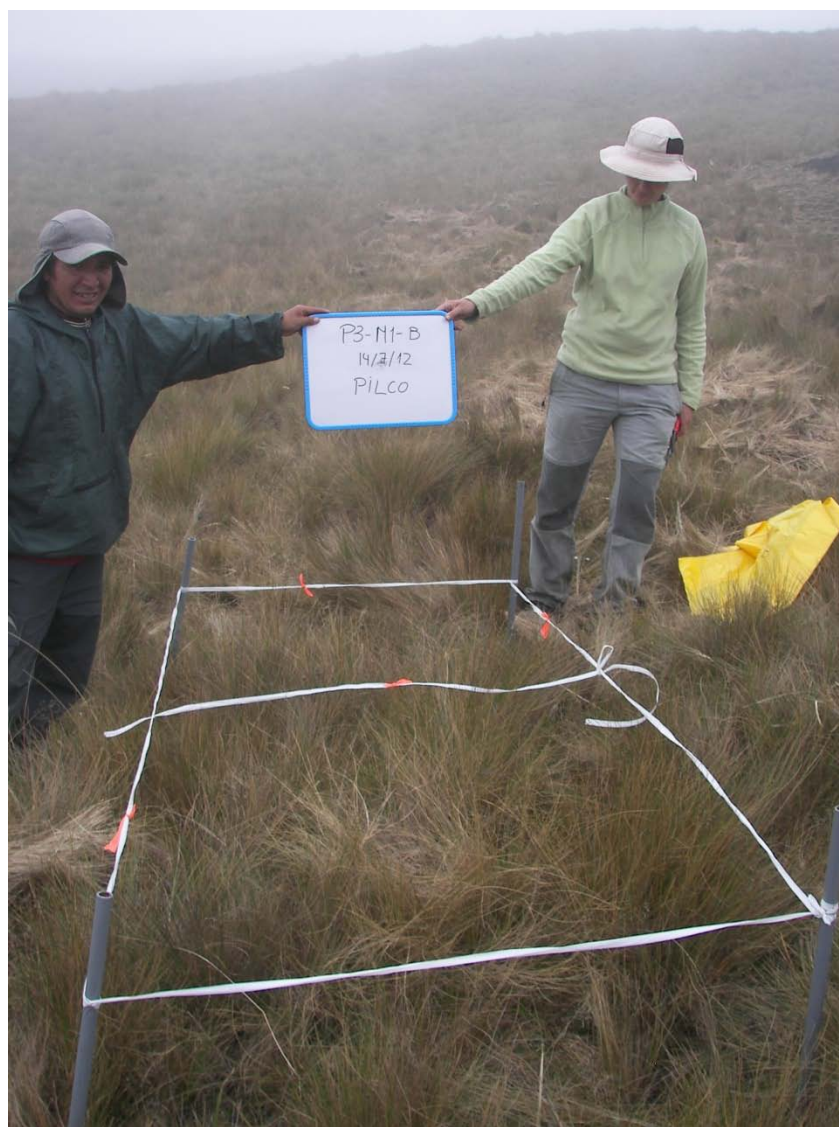
Esta tarea consistió en hacer un reconocimiento visual sistemático de la cubierta, la altura y el diámetro de los macollos en cada una de las zonas (Figura 2). Se realizó dentro de cuadrados de 1 m x 1 m y en total se dispusieron 18 cuadrados en cada tipo de Puna. Con los datos recogidos en campo y utilizando relaciones alométricas obtenidas para este tipo de vegetación se puede cuantificar posteriormente la biomasa presente en la zona de estudio.

#### **1.2. Muestreo intensivo de vegetación**

Esta tarea consistió en hacer un reconocimiento cuantitativo de la carga, altura y humedad del material presente en distintos rectángulos de 2 m x 1 m colocados aleatoriamente en las zonas de Puna 2005 y 2009 (Figura 3). Se colocaron en cada una de las dos zonas 9 rectángulos situados a distintos niveles de pendientes. Se recolectó todo el material ubicado en el interior de los mismos y se separó por tipo: musgo, mantillo, hierba seca, hierba verde. Seguidamente se pesó mediante balanzas de precisión y su contenido de humedad fue hallado mediante un analizador específico. Los equipos para tomar estos datos pueden observarse en la figura 4.



**Figura 2. Muestreo cualitativo de vegetación**



**Figura 3. Muestreo intensivo de vegetación**





**Figura 4. Equipos de pesaje y de análisis de humedad**

## *2. Experimentos de fuego controlado*

El objetivo de este bloque de trabajo fue el de hallar cuáles son las condiciones meteorológicas y el estado de la vegetación que favorecen la propagación del fuego en la Puna. Para que un conato de incendio (por ejemplo una línea de fuego de unos 20 m de longitud) pueda convertirse en un gran incendio, es necesario que haya en términos generales poca humedad ambiental que propicie un contenido de humedad suficientemente bajo de la Puna seca (ya que la Puna verde no arde) además de una mínima fuerza del propio fuego (propiciada por el viento o por el pendiente) para que el incendio se pueda desarrollar. En caso contrario, el conato se auto-extinguirá. Para hallar los valores umbrales de las condiciones ambientales que favorecen al desarrollo de un incendio, se tienen que realizar múltiples experimentos de ignición de conatos en distintos momentos del día en los que haya distintas condiciones meteorológicas. Además, este ejercicio se tiene que realizar durante un periodo de tiempo suficientemente largo para que se puedan ir observando cambios climatológicos. A continuación se detallan las distintas tareas que conllevó la ejecución de este tipo de experimentación.

### **2.1. Replanteamiento de la zona experimental**

Se establecieron los límites de dos parcelas experimentales, una en cada tipo de Puna, de 20 m de base x 30 m de longitud. Se marcaron los vértices con estacas y se procedió a construir franjas cortafuegos de aproximadamente 1 m de ancho alrededor de las parcelas, eliminando toda la vegetación presente en las franjas mediante herramientas manuales (figura 5). Estas parcelas fueron denominadas P3, para la puna quemada en 2009 -es decir puna de 3 años- y P7, para la puna quemada en 2005 -es decir, puna de 7 años.



**Figura 5. Construcción de franja cortafuego en la parcela P3.**

## 2.2. Quemados preliminares de seguridad

Una vez replanteadas las parcelas, se quemaron unas pequeñas franjas situadas en la parte superior de las mismas con el fin de garantizar una zona de seguridad y así evitar que el fuego eventualmente se pudiera escapar de la zona experimental. Estas quemados fueron de baja intensidad y se llevaron a cabo en condiciones de alta humedad relativa y cubierta de niebla para garantizar la consecución de los objetivos de las mismas (figura 6).



Figura 6. Quemados de seguridad.

## 2.2. Ejecución de experimentos durante una jornada de trabajo

Durante una jornada experimental se ejecutaron las siguientes tareas:

1. *Monitoreo de las condiciones medioambientales:* Durante toda la jornada se tomaron datos de las condiciones ambientales (temperatura, humedad y viento) para determinar cuándo y bajo qué circunstancias era conveniente iniciar cada experimento. Esta tarea se realizó mediante una estación meteorológica portátil que se dejó estática en la zona de trabajo yendo recopilando datos de modo autónomo. En la figura 7 se puede observar el equipo que se utilizó para esta tarea. Asimismo, se determinó sistemáticamente el contenido de humedad del combustible y se analizó su variabilidad con las condiciones meteorológicas.
2. *Ejecución de un experimento*
  - a. Ignición inicial: Cada experimento se inició encendiendo una línea de fuego de 20 metros mediante antorchas de goteo de gasolina (figura 8) emulando un conato de incendio. La ignición la llevaron a cabo dos personas equipadas con trajes protectores y con sendas antorchas. La línea se encendió en el límite superior de la parcela favoreciendo una propagación contra-viento y contra-pendiente (propagación de cola) del fuego. Este tipo de propagación es el que habitualmente tiene lugar en incendios en la puna que llegan a afectar el bosque nublado.





**Figura 7. Ubicación de la estación meteorológica (arriba) y analizador de humedad (abajo)**

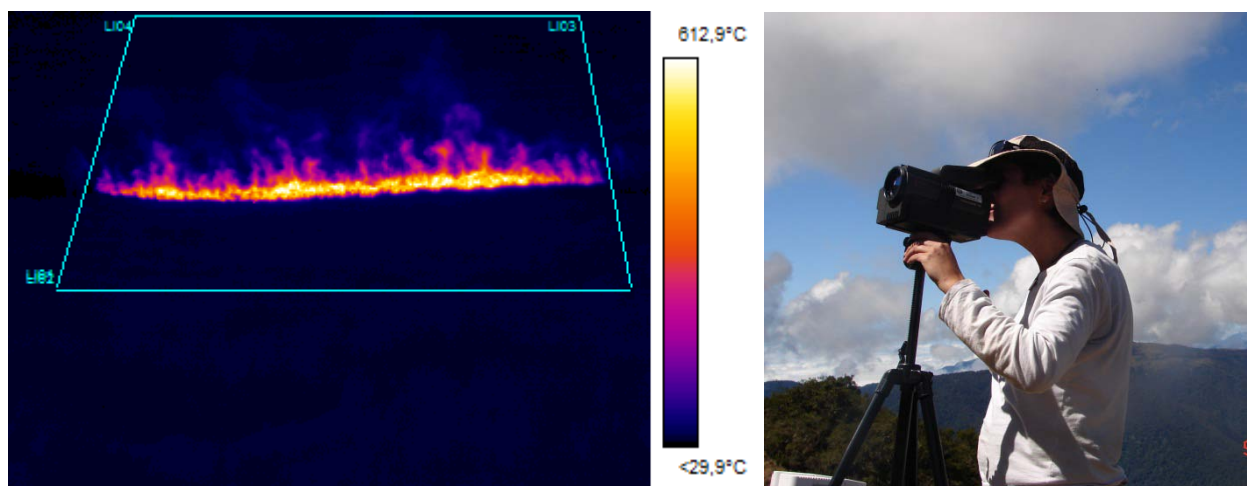


**Figura 8. Ignición de una de las pruebas en la parcela P7**

- b. Monitoreo del experimento: El equipo científico, avanzó siguiendo el fuego por las franjas corta-fuegos y tomó datos de la progresión de las llamas mediante observaciones visuales y cámaras de fotografías (figura 9). Así mismo, los experimentos también se filmaron con cámaras de infrarrojos y cámaras de vídeo para cuantificar la velocidad de propagación del fuego, la altura y grosor de las llamas y la fracción de combustible quemado (Figura 10).



**Figura 9.** Equipo científico anotando características del fuego durante su progresión, en una de las pruebas de la parcela P7



**Figura 10.** Imagen infrarroja de una de las pruebas (izquierda) y uso de la cámara de termografía (derecha)

- c. Supervisión de la seguridad: Durante el desarrollo de la prueba, fue necesario que 2 personas supervisaran en cada borde de la parcela la seguridad del personal involucrado en el monitoreo así como que controlaran el desarrollo del fuego estando atentos a posibles focos de escape de la quema. Para ello, estas personas fueron



equipadas con mochilas de extinción portátiles de 20 litros de capacidad cada una (Figura 11).



**Figura 11. Persona encargada de la supervisión del desarrollo de la prueba, equipada con mochila de extinción**

- d. Extinción de la prueba: Una vez se hubieron tomado los datos necesarios de la prueba y se hubo determinado si la progresión del fuego era favorable o por el contrario las llamas se auto-extinguían, se procedió a apagar el frente de llamas por completo y con la mayor celeridad posible. La extinción será llevada a cabo por las mismas personas encargadas de la supervisión de la seguridad. Se usó agua como agente extintor. También participaron en la extinción personas dotadas con bate-fuegos (figura 12).



**Figura 12. Extinción de una de las pruebas**

3. *Ejecución de experimentos sucesivos:* Pasado un tiempo determinado en el que las condiciones ambientales hubieron cambiado respecto a las observadas en la ignición inicial, se procedió a encender una nueva línea de fuego de 20 metros, justo a continuación del borde del área quemada en el experimento anterior. Así mismo, se monitoreó el comportamiento del fuego y en el momento oportuno se procedió a su extinción. Este ejercicio se repitió distintas veces a lo largo de la jornada atendiendo a los cambios en las condiciones medioambientales.
4. *Toma de datos post-quema:* Una vez finalizado el último experimento del día, se analizó el nivel de afectación del fuego en la Puna (relación de combustible quemado/combustible no quemado).
5. *Control de puntos calientes y remojado:* Una vez concluido el paso anterior, se procedió a supervisar la zona quemada mediante la cámara de infrarrojos para detectar la presencia eventual de puntos calientes.

### **2.3. Resultados preliminares**

Se realizaron un total de 13 experimentos en los cuales se observaron distintos patrones de comportamiento del fuego, según el tipo de Puna quemada y las condiciones meteorológicas presentes en el momento de realizar cada experimento. En la tabla 1 se resumen las características principales de los experimentos realizados y en la figura 13 se muestra el área experimental una vez acabadas todas las pruebas.

**Tabla 1. Características principales de las pruebas realizadas**

	Experimento	Fecha	Hora inicio	Humedad de la puna (%)	Humedad relativa (%)	Propagación
<b>P3</b>	<b>P3Z1</b>	05/07/2012	10:39	31	>90	Auto-extinción
	<b>P3Z2</b>	06/07/2012	11:49	14	>90	Favorable
	<b>P3Z3</b>	06/07/2012	13:50	23	80-90	Marginal
	<b>P3Z4</b>	09/07/2012	13:09	17	80-90	Marginal
	<b>P3Z5</b>	10/07/2012	14:23	8	70-80	Auto-extinción
	<b>P3Z6OS</b>	10/07/2012	15:02	11	50-60	Auto-extinción
	<b>P3Z6NE</b>	10/07/2012	15:02	11	50-60	Favorable
<b>P7</b>	<b>P7Z1</b>	06/07/2012	11:00	11	70-80	Favorable
	<b>P7Z2</b>	06/07/2012	14:04	10	80-90	Favorable
	<b>P7Z3</b>	09/07/2012	9:51	23,00	70-80	Auto-extinción
	<b>P7Z4</b>	09/07/2012	11:09	23	50-60	Marginal
	<b>P7Z5</b>	10/07/2012	11:08	12	50-60	Favorable
	<b>P7Z6</b>	10/07/2012	12:07	7	40-50	Favorable



**Figura 13. Zona experimental de Pilco Grande una vez acabadas las tareas de investigación**



### *3. Capacitación de la comunidad de Pilco Grande*

El trabajo experimental fue un escenario perfecto para llevar a cabo tareas de capacitación en comprensión del comportamiento del fuego y en técnicas de extinción para la comunidad de Pilco Grande. Durante todos los días en que se realizaron quemas experimentales, se contó con el apoyo de diferentes comuneros que participaron activamente en las tareas de extinción. La interacción entre el equipo investigador y los comuneros fue una experiencia muy positiva y enriquecedora para ambos grupos. En las imágenes recopiladas en la figura 14 se observan detalles de dicha cooperación







**Figura 14. Capacitación y cooperación con la comunidad de Pilco Grande**

#### *4. Agradecimientos*

El equipo investigador quiere agradecer especialmente a la Asociación para la Conservación de la Cuenca Amazónica (ACCA) por su apoyo en la gestión del proyecto, a la comunidad de Pilco Grande por su generosidad y voluntad de participación en los experimentos y a los voluntarios del puesto de control de Acjanaco que participaron activamente en el desarrollo de las pruebas. El proyecto FIRETROP está financiado por el Ministerio de Economía y Competitividad del Gobierno de España.

