



ORÍGENES Y DESARROLLO DE LA TRADICIÓN CONSTRUCTIVA DE TAPIA EN LA REGIÓN DE TEPEYAHUALCO, MÉXICO

María de los Ángeles Vizcarra de los Reyes¹; Luis Fernando Guerrero Baca²

¹Facultad de Arquitectura - Universidad Nacional Autónoma de México, México, angvizcarra@gmail.com

² Universidad Autónoma Metropolitana-Xochimilco, México, México, luisfg1960@yahoo.es

Palabras clave: tierra compactada, tradición constructiva, tapia, cal

Resumen

El presente texto analiza un sistema constructivo para la realización de muros que es característico de la región de Tepeyahualco, Puebla, en el centro de la República Mexicana. La ponencia presenta el contexto geográfico y los antecedentes históricos de la técnica así como la información proveniente del levantamiento arquitectónico de estructuras y la explicación dada por artesanos locales. Esos datos posteriormente han sido verificados en trabajos de laboratorio en la Universidad Nacional Autónoma de México tanto para su valoración patrimonial como para su posible implementación en viviendas sostenibles que puedan satisfacer las crecientes demandas de vivienda que enfrenta el país.

1 INTRODUCCIÓN

La arquitectura de tapia en México ha sido muy poco documentada. La tradición constructiva que seguramente tuvo su origen en la época virreinal se distribuyó sólo en la región del Camino Real que iba del Puerto de Veracruz a la Ciudad de México. A pesar de su valor patrimonial lamentablemente esta cultura constructiva se está perdiendo a un ritmo muy acelerado, a consecuencia del desarrollo de sistemas industriales.

Este trabajo pretende identificar el origen y desarrollo de un sistema constructivo para muros, hechos a base de piedra pómez, tierra y residuos de cal, y que se ha documentado en la región de Tepeyahualco en el Estado de Puebla, en México. Si bien es un sistema constructivo relativamente reciente según los datos encontrados en trabajo de campo, se infiere que ha sido conformado a partir de la fusión de dos técnicas constructivas de mayor antigüedad, una de las cuales es la tapia tradicional de tierra.

La información se sustenta en investigaciones en terreno que documentan, mediante fotografías y dibujos, los restos de estructuras históricas de tapia. Asimismo se han realizado entrevistas videograbadas a maestros constructores de la localidad que todavía conocen la técnica. Finalmente, se han realizado modelos a escala para identificar las principales variables asociadas al sistema constructivo, con relación a sus ingredientes, granulometría, dosificación hídrica, nivel de compactación y tiempo de fraguado. Se plantea, en fases posteriores, realizar un estudio comparativo de resistencia a la compresión entre las probetas y algunos restos de tapias en ruinas.

Se han identificado los bancos de materiales y las relaciones existentes entre los procesos de elaboración de dos sistemas constructivos asociados con las tapias en estudio. Por una parte están las cubiertas de terrado realizadas con piedra pómez y residuos de cal, y por otra la tradición de la tapia de tierra de posible origen colonial y evolución decimonónica.

Este documento se estructura de la siguiente manera: en primer lugar se presentan los antecedentes de la tapia en México, en segundo, las tapias de Tepeyahualco y en tercero, la documentación del sistema constructivo en estudio. Luego se presentan los avances de la investigación logrados a la fecha, dando énfasis en esta primera parte a los sistemas constructivos de los que se infiere surgió este peculiar tipo de muros de tapia, y finalmente,

se presentan algunas conclusiones preliminares del avance.

2 EVOLUCIÓN DE LA TAPIA EN MÉXICO

La tierra apisonada, comprimida, compactada, o mejor conocida en México y países de habla hispana como tapial o muro de tapia, es una unidad que en conjunto trabaja como un sistema constructivo, esta unidad monolítica es construida a partir de tierra dispersa previamente seleccionada, la cual es vertida dentro de una cimbra o encofrado compuesto por cuatro superficies paralelas y perpendiculares en sentido vertical, separadas dependiendo del espesor del muro, esta cimbra se rigidiza para no modificar la forma de la tapia durante el apisonado de las capas de tierra dispersa, compactando cada una de ellas con un pisón hasta llenar el encofrado y así formar el tapial.

El muro de tapia se caracteriza por su forma de prisma rectangular con un espesor que oscila entre 40 cm y 80 cm dependiendo de la edificación (alturas, claros, dimensiones), de igual forma sus proporciones están ligadas tanto a una lógica estructural como antropomórfica para el uso del encofrado y herramientas dentro de la escala del ser humano. A largo del tiempo han evolucionado los métodos, técnicas y herramientas para hacer tapiales, pero siempre basados en el mismo principio: compactar un material disperso para que alcance una densificación mayor y en consecuencia, una mayor estabilidad. (Figura 1)



Figura 1. Muro tradicional de tapia de tierra en San Andrés Payuca, Puebla, México

El desarrollo de este sistema constructivo en México ha tenido diferentes puntos de partida en diferentes tiempos históricos, la primer noción acerca de esta técnica de comprimir la tierra, se inició con la edificación de la pirámide del sol en la era del imperio Teotihuacano en el año de 150 d.C. En el año de 300 d.C. la cultura Olmeca-Xicallanca construyó los cimientos de la zona de Cacaxtla mediante la compactación de tierra. También existieron otras aproximaciones como la técnica de moldeado en húmedo o la de barro colado, documentadas en el sitio arqueológico de Paquimé, en el Estado de Chihuahua, México, cuyo máximo esplendor se registra alrededor del año 1200 d.C. (Guerrero, 2011).

Fue hasta la llegada de la cultura española, que se consolidó esta práctica constructiva en nuestro país, a través de la fusión de diferentes técnicas constructivas existentes en el continente americano junto con las tecnologías provenientes del continente europeo. A pesar de que en la era colonial muchos prototipos arquitectónicos principalmente religiosos fueron impuestos por los conquistadores, la misma práctica de los obreros americanos sirvió para asimilar y experimentar con el sistema constructivo de tapial, así el tapial se fue integrando en la cultura a través del tiempo tanto en el continente americano como en México.

En el periodo del México colonial, el sistema constructivo de tapial fue utilizado para diferentes tipos de edificios, como bardas para limitar y proteger los predios, muros perimetrales en vivienda, muros divisorios y en una escala mayor templos religiosos, haciendas, casonas y edificios públicos; y en infraestructura vial e hidráulica en combinación con otras técnicas y sistemas constructivos. Sin embargo la difusión y uso de la tapia no fue tan expansiva, la cual se desarrolló principalmente en el altiplano central de México, actualmente estados como Puebla, Tlaxcala, Hidalgo, Estado de México, Querétaro y parte de Veracruz, ruta del Camino Real que iba de la Ciudad de México al Puerto de Veracruz (Guerrero, 2014).

Otra influencia particular dentro de la evolución del tapial en México, fue la influencia arquitectónica y tecnológica por parte de Francia que llegó a finales del siglo XIX. En los años 1840 y 1850 se construyeron una gran cantidad de haciendas el uso de la tapia fue muy significativo durante este período.

Naturalmente en la vivienda popular de la época colonial se vio reflejada la trascendencia del tapial, ya que la práctica de este sistema constructivo fue incorporada a la vida cotidiana convirtiéndola en una forma tradicional de edificar, debido en parte a la viabilidad económica de construir con este material, disponible casi en cualquier sitio, y con la ventaja de requerir muy poca agua para su manufactura, además de la posibilidad de reutilizar la cimbra de madera varias veces. De esta forma el sistema constructivo de tapial adquirió presencia dentro de la arquitectura vernácula de México, incorporándose a la memoria y tradición constructiva de los pueblos donde se desarrolló.

3 LAS TAPIAS DE TEPEYAHUALCO

Actualmente en México, como ya se mencionó con anterioridad, el uso de esta técnica predomina en la región central del altiplano. Hoy en día este sistema constructivo, según las evidencias recabadas en el trabajo de campo en la región norte del Estado de Puebla, se encuentra en vías de extinción. Su manufactura se ha ido sustituyendo por materiales y procesos constructivos industrializados, como block de cemento para los muros y losas de concreto armado. Si acaso es utilizado eventualmente en la construcción de bardas perimetrales y en algunos casos como relleno de muros en edificios de carácter histórico.

Sin embargo, en la localidad de Tepeyahualco, también en el estado de Puebla, se encontró una variante muy interesante de esta técnica constructiva: un tapial que conserva el mismo procedimiento constructivo pero que sustituye los materiales del muro. La tierra ha sido reemplazada por una mezcla de residuos de cal y una piedra ligera producto de la espuma volcánica, la piedra pómez, que en el sitio es llamada piedra poma. Estos materiales, al igual que la tierra, son también de origen local. Este hecho, aunado a la continuidad del uso del encofrado para hacer el tapial, permite aseverar que este tapial es una evolución de una técnica tradicional, y que a diferencia de lo que se observa en la mayoría de las tradiciones constructivas de nuestro país, ha encontrado una manera de cambiar sin el riesgo de desaparecer. Este fenómeno es digno de estudiarse con el fin de contribuir al rescate y actualización de las culturas y tradiciones constructivas de México, y para ello se plantean las siguientes preguntas:

¿de qué manera, ante la homogeneización de la cultura a escala mundial y la globalización socioeconómica, los sistemas constructivos tradicionales aún vivos en algunas poblaciones rurales de nuestro país, pueden transformarse desde su propio contexto cultural?

¿Qué lecciones se pueden aprender de las tradiciones constructivas para ser aplicadas en los temas de la sostenibilidad de la arquitectura?

La formación geológica del municipio data del cuaternario, encontrándose como vestigios de este periodo formativo una variedad de rocas intrusivas y extrusivas; así como variedades de calizas sedimentarias y suelos lacustres y aluviales, de donde provienen los materiales del sistema constructivo estudiado. El cronista de Tepeyahualco, Agustín Cervantes, García y Limón (2014) relatan que los albañiles en tiempos de la colonia conocían los secretos de la

cal, que extraían de los cerros cercanos y la fabricaban en hornos de leña calentados a altas temperaturas. Hoy en día existe una calera que fue fundada a mediados del siglo XX, que produce un excedente de cal que es aprovechado en la construcción del tapial estudiado.

El sistema constructivo de tapial de piedra pómez y residuos de cal, es un sistema relativamente reciente (Figura 2). Según los datos encontrados en trabajo de campo surge a principios del siglo XX; sin embargo, ha sido conformado a partir del aprendizaje y la fusión de dos técnicas constructivas tradicionales de mayor antigüedad presentes también en el norte de Puebla: por un lado, de los terrados hechos con piedra poma y cal (Figura 3) para cubrir los tejados de madera en las viviendas y las haciendas de la zona, toma la combinación de materiales; y por otro, del tapial de tierra empleado en la misma región en poblados a unos cuantos kilómetros de distancia, utiliza el encofrado de madera para cimbrar los muros (Figura 4). El resultado es un muro de un espesor menor que el de la tierra cruda -25 a 30 cm vs. 50 a 60 cm-, que representa una mayor eficiencia en el trabajo estructural, en la cantidad de material utilizado, en el procedimiento constructivo y en el tiempo de ejecución. Continúa utilizando materiales locales, conserva la sencillez en el proceso de ejecución y como sus predecesores, no requiere herramientas sofisticadas.



Figura 2. Muro de tapia de cal y piedra pómez.
Tepeyahualco, México



Figura 3. Techo de vigería y entortado de cal y piedra pómez en la Hacienda Pizarro, Puebla



Figura 4. Encofrado empleado tradicionalmente en San Andrés Payuca, Puebla. Tapia de tierra

4 DOCUMENTACIÓN DEL SISTEMA

La metodología de investigación se basa primordialmente en el trabajo de campo y en el trabajo experimental en laboratorio.

Para la recolección y organización de la información se tomaron como base los siguientes aspectos:

- a) Técnica y memoria constructiva

Este aspecto considera la manera de hacer, las herramientas necesarias y los materiales con los que tradicionalmente se ha construido y desarrollado el procedimiento y sistema constructivo local, este aspecto es fundamental para conocer las principales conocimientos, transformaciones y habilidades desarrolladas por los diferentes constructores para cada tipo de sistema como parte de su memoria y herencia tecnológica en la construcción, principalmente de sus viviendas.

b) Sociedad y cultura

La valoración de este aspecto considera la recopilación del agregado familiar, la estructura social y los diferentes vínculos y tradiciones ligadas a la morfología, ubicación y procesos de los sistemas constructivos estudiados y algunos elementos de relación con las concepciones del mundo por parte de sus habitantes.

c) Medio ambiente

El aspecto ambiental se considera relevante por la utilización de los materiales locales de cada la zona, la adaptación al lugar a nivel local y regional, a los diferentes eventos climáticos y por ende su resultante morfológica adaptada a la cultura y al sitio.

Para documentar y sistematizar la información derivada de los puntos anteriores, se desarrollaron dos instrumentos que han permitido la recolección, clasificación y organización de la información y posteriormente su correlación.

El primer formato es de recopilación y clasificación de datos que vincula los diferentes aspectos mencionados con anterioridad. El formato de registro cuenta con tres apartados generales: datos generales, componentes y procesos del sistema constructivo, y los aspectos de la tradición involucrados en el proceso. Para el aspecto ambiental, se hace una valoración cualitativa de manera observacional y sensorial, y en algunos casos con mediciones. El formato de registro es una valoración cualitativa y cuantitativa, con la finalidad de recopilar, reconocer, clasificar y organizar los diferentes aspectos involucrados y poder establecer estrategias para su desarrollo, conservación y transformación para su vigencia en el presente siglo como parte de una herencia, un patrimonio tangible e intangible.

El registro en el formato va acompañado de fotografías, planos y vídeos que permiten tener una visión más amplia y completa del sistema lo que ha permitido recapitular la información obtenida en el trabajo de campo y trabajar con ella en el proceso de análisis.

El segundo instrumento básico para el desarrollo de trabajo en campo es un formato de entrevista abierta, la cual ha permitido la recolección del saber tradicional sobre los sistemas constructivos de viva voz de sus productores y mediante el cual se han recolectado los procesos y detalles que complementan los elementos del formato de registro y algunas experiencias derivadas de la colectividad.

Finalmente, esta información se ha empezado a procesar en el laboratorio mediante la producción de modelos digitales, modelos a escala que intentan reproducir el sistema de manera fidedigna con el fin de identificar las principales variables asociadas al sistema constructivo. Se utilizan en la medida de lo posible materiales y procedimientos iguales a los empleados en la realidad.

A la fecha se tiene el avance de la documentación del sistema constructivo en campo y gabinete.

En cuanto al trabajo desarrollado en campo, se realizaron tres entrevistas videograbadas a maestros constructores de la región. Una de ellas narra el procedimiento constructivo de la tapia de tierra, sistema constructivo predecesor de la tapia de poma; y otra donde se narra el procedimiento de la tapia de piedra `poma y los terrados de cal y piedra, el segundo componente de la tapia en estudio; y finalmente, una tercera más donde se grabó la reproducción in situ, mediante la elaboración de una tapia de 2m x 1m y 25 cm de espesor. Por otro lado, se elaboraron las fichas de registro en campo para ambos tapiales, así como el levantamiento fotográfico de Tepeyahualco y sus alrededores.

Respecto al trabajo de gabinete, se elaboraron probetas de 5x5x5 cm del material recopilado en sitio para ambas tapias, para realizar pruebas mecánicas, higrotérmicas e higroscópicas. También se hicieron pruebas caseras de sedimentación para identificar la composición de los materiales y sus proporciones, que después serán contrastadas con “realidad artesanal”, es decir, la información recopilada en campo de manera verbal por los maestros constructores.

A continuación se presenta una síntesis de la documentación:

El tapial de piedra pómez en Tepeyahualco, se desarrolla aprovechando diferentes materiales de la región, como la piedra volcánica la cual sirve como basamento para las piezas que están en contacto directo al suelo, también se emplea la piedra pómez la cual le da rigidez al tapial y por su propia naturaleza lo hace ligero. Por otro lado se agrega un excedente de cal el cual sirve como cementante y que se obtiene de la piedra caliza al transformarla en cal; este material es un producto residual del proceso de producción de cal que se fabrica en la calera ubicada en la misma región. También se agrega una porción de piedra toba ácida llamada “Cacahuatillo”, la cual contribuye, junto con las arenas del excedente de la cal y la propia piedra pómez, a tener una variedad granulométrica que traba los distintos componentes; y un agregado de barro y agua para conciliar los materiales. (Figura 5)



Figura 5. Materiales de la tapia de estudio. Piedra Poma y cacahuatillo

Las herramientas necesarias para fabricar el tapial de piedra poma son un encofrado hecho de madera, ya sea de triplay o tablones, palos de madera o “morillos” que ayudan a rigidizar los tablones, la cuerda que mantiene fijos a los palos y por último los bastones hechos de varilla roscada de 3/8”, los cuales mantienen unido a todo el encofrado. Para apisonar la mezcla se ocupa un pisón de madera o de metal. Para revolver la mezcla se utiliza pico y pala, y para verterla en el encofrado, se usa una pala y un bote. (Figura 6)

El procedimiento constructivo se detalla a continuación: se cava una cepa de 50 cm a 1m de profundidad por 50 cm de ancho aproximadamente (dependiendo del tipo de suelo), dentro de la cepa se arma el molde o cajón compuesto por 2 hojas de madera de 2,10 m por 1,10 m y por 2 tapas de madera de 1,10 m x 0,22 m que se amarran por medio de 6 bastones de 50 cm de largo y sostenido por 6 morillos de madera. Posteriormente se hace la mezcla de los materiales con las siguientes proporciones: 1 excedente de cal, 1 de piedra poma, 1 cacahuatillo, 1/3 de arcilla o barro renegrido y un 5% de agua (dependiendo de la humedad de los materiales). Una vez mezclados los materiales se humedece el terreno donde se realizó para que éste no absorba la humedad de la mezcla. La piedra poma y cacahuatillo deberán ser de diferentes tamaños para que el bloque tenga mayor consistencia (Figura 6)

Una vez lista la mezcla se humedece el cajón para que ésta no se adhiera, y se deposita en capas de mezcla de 20 cm a 30 cm apisonadas, una vez lleno el cajón se empareja la superficie con cuchara, se quita la cimbra el cajón y se recorre sobre la cepa de cimentación.

Al igual que las tapias de tierra, es necesario cuatrapear los módulos para asegurar el correcto funcionamiento estructural de las piezas.



Figura 6. Procedimiento constructivo, encofrado de madera y apisonado

5 RESULTADOS Y DISCUSIONES

A la luz del avance en la investigación, se presentan las siguientes conclusiones preliminares:

1. Aspectos culturales:

En el caso analizado, se combinan dos tradiciones constructivas aportando lo más eficiente de cada una de ellas para la solución de un problema constructivo: la construcción de muros. Aquí, en lugar de observar una ruptura, como en la mayoría de los sistemas constructivos documentados hasta ahora, se manifiesta una continuidad. Conserva las cualidades y atributos del conocimiento ancestral, mediante los siguientes aspectos:

- Utiliza recursos renovables de la localidad: piedra pómez y excedentes de cal, es decir, los residuos del proceso de fabricación de la calera que se encuentra en Tepeyahualco.
- Es un sistema manufacturado con lo mejor del conocimiento de dos sistemas constructivos tradicionales de origen local.
- El saber hacer continua presente en este sistema: esta cualidad, transmitida de generación en generación, y que generalmente responde a habilidades de sobrevivencia, como cultivo de alimentos y construcción de viviendas, incrementa la capacidad de recuperación de un sistema en caso de perturbaciones. Por lo tanto, las comunidades que tienen el conocimiento integrado en un sistema de saberes para satisfacer sus necesidades básicas.
- Adaptabilidad: El sistema analizado responde a las necesidades de sus habitantes y a los cambios, por lo tanto, puede considerarse como una arquitectura viva que ha respondido a las transformaciones económicas, a los cambios en la disponibilidad de materiales y a la transformación de los modos de vida.
- Este sistema comprueba una reducción del mantenimiento con respecto a la tierra cruda, y también un incremento de la vida útil de las construcciones.

2. Aspectos técnicos:

La composición de la mezcla de materiales ofrece una reacción química durante el proceso de fraguado de la mezcla, que tiene ventajas frente al tapial de tierra, su predecesor, que permite reducir el espesor de los muros en un 50%. Esto se explica porque la mezcla de residuos de cal tiene todavía elementos activos, y puesto que la cal es un cementante aéreo, es decir, endurece en contacto con el aire, a diferencia del cemento que endurece al agregarle agua. Es por ello que la cal puede permanecer sin fraguar bajo el agua y conservarse en buen estado durante años en estas condiciones. Los morteros hidráulicos a base de cal se obtienen de dos formas: La primera, mezclando la cal hidráulica con arenas inertes. La segunda, mezclando cal aérea con arenas ricas en sílice y alúmina reactivas, como es el caso de las puzolanas (arenas de origen volcánico), como el tezontle y la piedra pómez. (Orea, 2013). Esto es lo que la hace reaccionar con el agua. Según los testimonios de las entrevistas, si llueve o le cae agua, endurece más rápido. Así se infiere que existen reacciones puzolánicas en la mezcla que provocan los restos de hidróxido de cal presentes

en los residuos de la cal provocan al entrar en contacto con la piedra pómez, que contiene silicatos. Esto da una resistencia similar al concreto ciclópeo, pero sin las desventajas contaminantes del concreto convencional.

Así, el sistema constructivo de tapial de piedra poma y residuos de cal, optimiza procedimientos y materiales respecto a los sistemas constructivos que le han dado origen, ya que ofrece una mayor rapidez en la ejecución pero conservando la simplicidad constructiva, ofrece ahorros en material, un mejor funcionamiento mecánico, un menor mantenimiento y mayores periodos de vida útil.

6 CONSIDERACIONES FINALES

Después de la exposición de los conceptos que sustentan el trabajo de esta investigación, se observa una ruptura evolutiva y una tendencia a la desaparición de técnicas ancestrales y sus arquitecturas, que, como ya se argumentó en párrafos anteriores, pueden aportar lecciones que ayuden a encontrar caminos orientados a propuestas sostenibles en el ámbito de la arquitectura.

El análisis de esta experiencia de fusión de tradiciones constructivas puede dar pauta para establecer métodos de trabajo en las siguientes fases del proyecto. Este estudio ha probado la mejora en la eficiencia en el uso de los materiales y su respeto y apego al medio ambiente, logrando ser un sistema constructivo de transición que aporta elementos de la tradición en tapial y de la construcción con piedra pómez y cal, y aporta elementos que permiten competir, desde su propia línea evolutiva dentro de la tradición constructiva local, con las influencias de la arquitectura importada de ámbitos urbanos. Estas mediciones se harán en la siguiente fase de investigación, para comparar este sistema constructivo frente a los procedimientos que ya han invadido la localidad: block y tabicón de cemento, principalmente.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Cervantes Cruz, A., García Cook, A., & Limón Rivera, V. (2014). *Tepeyahualco: identidad de un pueblo*. Puebla: Secretaría de Educación Pública/Consejo Nacional para la Cultura y las Artes.

Guerrero, L. (2011). Pasado y porvenir de la arquitectura de tapia, en *Bitácora Arquitectura*, No. 22, México D.F.: Facultad de arquitectura, UNAM, 6-13.

Guerrero, L. (2014). Tradición constructiva con tapial en las faldas orientales del Iztaccíhuatl. *Palapa*. Colima: Universidad de Colima, V-2 (15): 68-81.

Orea Magaña, H. (2015). El uso de la cal en la conservación de los monumentos arqueológicos e históricos: de la teoría a la práctica. En Barba & Villaseñor (Eds.) (2013). *La cal: Historia, propiedades y usos*. México: Instituto de Investigaciones Antropológicas, UNAM, y Asociación Nacional de Fabricantes de Cal, A.C.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen al Programa de Apoyo a Proyectos de Investigación e Innovación Tecnológica (PAPIIT), de la Universidad Nacional Autónoma de México. Proyecto PAPIIT IT-400114.

AUTORES

María de los Ángeles Vizcarra de los Reyes, maestra en diseño arquitectónico, investigadora de tiempo completo en el Centor de investigaciones en Arquitectura, Urbanismo y Paisaje de la Facultad de Arquitectura de la UNAM. Responsable del proyecto de investigación del Laboratorio de Procedimientos y Sistemas Constructivos Tradicionales como alternativa para una arquitectura sustentable.

Luis Fernando Guerrero Baca, doctor en diseño con especialidad en conservación del patrimonio edificado, maestro en restauración, arquitecto, profesor investigador de tiempo completo en la UAM-Xochimilco, jefe del área de Conservación y Reutilización del Patrimonio Edificado. Miembro de la Red Iberoamericana PROTERRA, miembro de la Cátedra UNESCO "Arquitecturas de tierra, culturas constructivas y desarrollo sostenible" de CRAterre.