

## 10. Análisis de Inundaciones

### 10.1. Caracterización de la Amenaza

La amenaza que suponen las grandes avenidas e inundaciones para los municipios que rodean al volcán de Usulután, afecta a las partes consideradas ladera baja. Ésta, se encuentra asociada no sólo a las quebradas principales, también a las quebradas menos evolucionadas y a toda la ladera baja en sí.

Durante el trabajo de campo se visitaron y analizaron los puntos más conflictivos a lo largo de las tres quebradas objeto de estudio, donde la amenaza se ha manifestado en eventos anteriores. Las mediciones y observaciones de campo, se complementaron con las aportaciones de los habitantes ubicados en las zonas más susceptibles.

#### 10.1.1. Localización y Topología

---

La problemática se localiza en la parte más bajas de la ladera a partir del marcado cambio de pendiente que caracteriza el relieve del volcán de las quebradas.

Las características intrínsecas del terreno como la morfología de la cuenca, la capacidad de infiltración del terreno y su grado de saturación, la capacidad soportable de los cauces, etc. van a condicionar gran parte la ocurrencia, magnitud y localización de esta amenaza.

#### **Avenidas e inundaciones asociada a las quebradas**

Las grandes avenidas e inundaciones asociadas a las quebradas están condicionadas principalmente por la presencia de grandes depósitos de material en la parte alta de las quebradas, procedente de las inestabilidades de las laderas. Las lluvias intensas características del régimen de precipitaciones del microclima predominante en el área,

inducen un comportamiento en el sistema de drenaje de tipo torrencial. Los regímenes torrenciales son flujos transitorios de alta energía y capacidad de erosión, capaces de agregar al caudal líquido, un importante volumen de carga sólida.

Toda actividad erosiva de un sistema de drenaje depende del nivel base, línea imaginaria que tiende a equilibrar el perfil del cauce con el nivel general o nivel de los océanos. El nivel de base, por pérdida de suficiente pendiente, queda por encima de la superficie terrestre, provocando que cese la erosión y el transporte de carga sólida del caudal. A partir de este cambio brusco de pendiente, los caudales de las quebradas, pierden su capacidad de erosión y pasan a depositar los materiales que transportan. Este hecho provoca un ensanchamiento de los cauces en estos puntos, que a la vez propia una disminución de la velocidad y de la capacidad de arrastre de carga sólida por el aumento de la fuerza de rozamiento que se opone a la energía del flujo.



Foto 17- zona de sedimentación, pérdida de capacidad del cauce. Quebrada El Cargadero. Viviendas en margen izquierdo.

El efecto combinado de estos factores, conlleva una disminución de la energía del flujo y la tendencia a la sedimentación. Estos son puntos propicios para la ocurrencia de desbordamientos. Los desbordamientos pueden producirse por varias causas y de maneras diferentes. Una de las causas del desbordamiento puede venir dada por una capacidad insuficiente del cauce, dando lugar a la ocupación de áreas más amplias por parte del caudal sobrante. Otra de las causas puede ser la obstrucción del cauce por deposición de materiales, dando lugar a un desvío del flujo.

Tras el desbordamiento pueden darse dos situaciones en función del caudal implicado y de la energía de éste: que el flujo desbordado se canalice rápidamente en otros canales, ya definidos, que constituirían líneas preferenciales de flujo, o que se produzcan fenómenos de arroyada en manto.

El modo en que sucedan los desbordamientos e inundaciones va a estar condicionado por el comportamiento hídrico en las diferentes unidades geomorfológicas: quebradas, laderas y conos de deyección. Este comportamiento está condicionado por el grado de evolución de la red de drenaje, la superficie de captación de la escorrentía superficial y el estado de las quebradas.



Foto 18-Altura del lodo en la casa a 30m. de la Quebrada El Cargadero..Inundación junio2001.

Las principales quebradas en las que se ha centrado el área de estudio, presentan un sistema de drenaje bastante evolucionado. Los cauces, en las partes altas, están encajados

en el substrato hasta una profundidad máxima de 690m (para *El Cargadero*). En las partes altas, el cauce, seguirá erosionando hasta encontrar el nivel de equilibrio. El fuerte cambio de pendiente en las diferentes quebradas coincide con un relieve convexo cuya forma asociada son los conos de deyección (ver mapa n°4."geomorfológico".anexo2).

Los conos de deyección son formas cónicas en planta y convexas en perfil. Esta convexidad, da lugar a la inexistencia de un gradiente de pendiente definido en una dirección determinada, provocando que la escorrentía superficial no tenga una dirección preferencial para fluir. A partir de estos puntos se produce la sedimentación de los materiales transportados en las grandes avenidas. La deposición de estos materiales puede producir tapones en los cauces principales provocando desbordamientos. En la morfología cónica de la ladera, sin una dirección preferencial de pendiente definida, el flujo desbordado puede diseminarse en forma de arroyada en manta o encauzarse en alguna de las incisiones existentes provocando una migración del cauce principal.

La localización del fuerte cambio de pendiente se sitúa para las diferentes quebradas principales a unas cotas de: *El Cargadero* 400m.s.n.m., *La Quebradona* 500m.s.n.m y *California* 780m.s.n.m.

Las quebradas de las laderas S, NE y NW-W, se encuentran en una situación menos evolucionada con respecto a las quebradas principales y a las morfologías cónicas asociadas.

En estas laderas, las quebradas discurren desde la ladera alta del volcán con perfiles longitudinales de fuertes pendientes, donde el nivel de base también queda por debajo de la superficie terrestre, pero de manera más acusada, por tanto, con un potencial erosivo mayor, provocando que las aguas discurren a altas velocidades. El punto donde la pendiente cambia bruscamente (inicio de la ladera baja), es el punto donde las aguas pierden su capacidad erosiva y de transporte, tendiendo a depositar la carga sólida que arrastran. Estas quebradas se encuentran algo más encajadas por estar asociadas al segundo tipo de conos de deyección (ver geomorfología, capítulo 9.2.2) por lo que la probabilidad de desbordamiento es menor.

El nivel del cauce tiende a buscar su equilibrio, por tanto, estas quebradas van a evolucionar, encajándose en el substrato o en sus propios depósitos acumulados en eventos anteriores. La velocidad de evolución va a depender en parte del tipo de uso que se le da al suelo y del régimen de las precipitaciones.



Foto19- conos de deyección,  
formas convexas

### **Inundaciones asociadas a las morfologías cónicas**

El comportamiento hídrico en los conos de deyección de mayor magnitud, asociados a las quebradas principales, se ve afectado principalmente por la importante superficie de captación de agua de escorrentía. La superficie de captación de agua de

lluvia tiene formas convexas, compuestas por depósitos de partículas finas característicos por presentar permeabilidades bajas. Las superficies convexas, a diferencia de las superficies cóncavas asociadas a las quebradas, dificultan la infiltración, provocando consecuentemente que gran parte del agua de lluvia que cae en ellas pase a formar parte de la escorrentía superficial. Esta morfología convexa, como ya se ha comentado anteriormente, tiene la peculiaridad de la inexistencia de un gradiente de pendiente definido en una dirección determinada, provocando que la escorrentía superficial no tenga una dirección preferencial para fluir. La inexistencia de cauces encajados provoca que este agua discurra de manera diseminada por fuertes pendientes, por tanto, a altas velocidades y capacidad de erosión, hasta encontrar pequeñas incisiones, caminos o carreteras por donde se encauza el flujo.

Hasta hace unas décadas, la vegetación reinante en el volcán, hacía de cubierta protectora del impacto de la lluvia, aumentando la infiltración, y disminuyendo la escorrentía superficial. Las características intrínsecas de los materiales volcánicos que conforman el edificio volcánico, en lo que respecta a la permeabilidad, porosidad y transmisividad, hacen que estos materiales sean considerados como buenas zonas de recarga. Sin embargo, el cambio de cultivo permanente a temporal (sin la ejecución correspondiente de obras de conservación de suelos) ha dejado la superficie de las laderas desprotegidas ante el impacto de la lluvia, disminuyendo la infiltración y por tanto aumentando la escorrentía, que tiene camino libre para fluir y erosionar, alcanzando importantes velocidades. La evolución de las quebradas e incisiones se ven favorecidas por esta situación que propicia la erosión.



Foto 20- Prácticas de cultivo temporal en laderas.

La suma de factores condicionantes provoca que en situaciones de lluvia intensa se produzcan avenidas e inundaciones, y de manera espontánea, se creen numerosos flujos torrenciales con importante carga sólida en las quebradas más evolucionadas con gran capacidad de erosión y alta probabilidad de producir desbordamientos en las partes bajas. En las propias laderas, asociados principalmente a los conos de deyección se generan importantes flujos con partículas en suspensión que derivan en pequeñas avenidas de agua y lodo que inundan las calles y que conllevan un riesgo inducido. En el momento en que esta situación tiene lugar de manera más rigurosa, aumenta la probabilidad de que la lluvia se convierta en una amenaza y de que se creen situaciones de riesgo por desbordamiento e inundaciones.

Para evaluar la amenaza por inundación y avenidas es imprescindible el análisis de las precipitaciones, ya que es uno de los principales factores desencadenantes de los procesos de erosión, desbordamiento e inundaciones que afectan la ladera baja del volcán, donde se encuentran ubicadas comunidades de los distintos municipios.