

# Problemas de erosión en la Quebrada de La Laguna o Carretas, barrio Puerta del Sol.

Valoración preliminar

Informe Técnico

Alcaldía de Quito, Julio 2020  
Asesoría en Riesgos



## **Asesoría de la Alcaldía del Distrito Metropolitano de Quito**

### **Equipo responsable**

Hugo Yepes

José Manuel Marrero

### **Equipo de apoyo DMQ**

Fernando Zamorano

Ana Rosero

### **Contactos**

[hyepes@igepn.edu.ec](mailto:hyepes@igepn.edu.ec); [hugo.yepes@quito.gob.ec](mailto:hugo.yepes@quito.gob.ec)

[josemarllin@gmail.com](mailto:josemarllin@gmail.com); [jose.marrero@quito.gob.ec](mailto:jose.marrero@quito.gob.ec)

[hector.zamorano@quito.gob.ec](mailto:hector.zamorano@quito.gob.ec)

[ana.rosero@quito.gob.ec](mailto:ana.rosero@quito.gob.ec)

Primer Informe

Versión 20/07/2020 17:00:00

Quito D.M, Ecuador

Como citar este trabajo: Yepes, H., Marrero, J.M. 2020. Problemas de erosión en la Quebrada de La Laguna o Carretas, barrio Puerta del Sol. Informe Técnico, 25 pp. Alcaldía de Quito, Ecuador

# Índice general

<b>Índice de figuras</b>	<b>II</b>
<b>Índice de tablas</b>	<b>IV</b>
<b>1. Introducción</b>	<b>2</b>
1.1. Objetivos	2
1.2. Consideraciones	3
<b>2. Principales elementos de análisis</b>	<b>4</b>
2.1. Morfología del área en 2010 y retrocesos estimados	4
2.1.1. El manejo de los límites de accidentes geográficos y su relación con el planeamiento	4
2.2. Características del terreno	6
2.3. Evolución histórica del área	8
2.4. Infraestructura de conducciones en 2012	13
2.5. Valoración SEAE-DMQ del área en riesgo	14
2.6. La dimensión del problema en el DMQ	14
<b>3. Conclusiones y recomendaciones</b>	<b>17</b>
3.1. El Predio 3541161	17
3.2. Visión sobre el DMQ respecto a la problemática de los cauces, taludes, áreas de protección, predios y edificaciones	18
<b>Bibliografía</b>	<b>20</b>
<b>Anexos</b>	<b>21</b>
<b>A. Análisis SEAE-DMQ</b>	<b>21</b>
A.1. Análisis en la zona de peligro del barrio Puerta del Sol	21
A.2. Análisis en la zona de espacio protegido del PUOS 2018	23

# Índice de figuras

1.	Plano de situación y distancias aproximadas en 2003. . . . .	5
2.	Plano de situación y distancias aproximadas en 2003. . . . .	6
3.	PUOS 2003 en el barrio Puerta del Sol y Carapungo. . . . .	7
4.	Taludes verticales e infraestructura sanitaria abandonada en la Quebrada de La laguna - Carretas a la altura del predio 3541161. Nótese la obra de reforzamiento del talud a la derecha que parece tener anclajes en hormigón lanzado (?). Foto de la DMGR, SGSM. . . . .	8
5.	Plano de situación y distancias aproximadas en 2003. . . . .	10
6.	Plano de situación y distancias aproximadas en 2010. . . . .	10
7.	Plano de situación y distancias aproximadas en 2015. . . . .	11
8.	Plano de situación y distancias aproximadas en 2020. . . . .	11
9.	En la composición de imágenes del GoogleEarth se observa el retroceso del talud entre 2005 y 2019, años de tomas de las imágenes de izquierda y derecha respectivamente. . . . .	12
10.	Distribución potencial de puntos de desalojo de aguas de lluvia y/o servidas a la Quebrada de La Laguna-Carretas. . . . .	13
11.	Áreas de riesgo potencial asociada a los procesos de erosión de la quebrada La Laguna-Carretas. . . . .	15
12.	Áreas de protección natural y de patrimonio natural del DMQ según el PUOS de 2018. . . . .	16

# Índice de tablas

1. Valores obtenidos para las variables espaciales analizadas en la zona de peligro del barrio Puerta del Sol. . . . .	21
2. Valores obtenidos para las variables espaciales analizadas en toda la zona de Protección Ecológica y de Patrimonio Natural del PUOS 2018 en el DMQ. . . . .	23

# Prefacio

Este informe trata de mostrar, a partir de un ejemplo concreto, algunos de los principales problemas o factores que explican los actuales conflictos generados por a erosión lateral o regresiva de los taludes en muchas quebradas y ríos del DMQ. Este proceso se está agravando con el tiempo, lo que implica un incremento constante de reclamaciones y actuaciones de emergencia que, en general, se están realizando la mayoría de ellas con una visión puntual y no global, como sería lo más deseable.

Aunque aquí se aborde un problema puntual, tanto la metodología usada como las conclusiones son extrapolables a situaciones similares en el Distrito. Este informe no pretende reemplazar ni enmendar a los informes que ha realizado la Dirección Metropolitana de Gestión de Riesgos (IT-E no. 004-E-AT-DMGR-2020) de la SGSG del DMQ sobre el predio 3541161.

# Capítulo 1

## Introducción

En los últimos 20 años, en muchos puntos del Distrito Metropolitano del Quito (DMQ), se está observando un importante retroceso de los taludes de quebradas y ríos que ponen en serio riesgo a las edificaciones y construcciones situadas en sus márgenes. Esta circunstancia pone sobre las mesa diversas problemáticas que deben ser tratadas con urgencia desde el ámbito municipal, entre ellas:

- Falta de actualización en la delimitación de los accidentes geográficas y consecuente revisión del Plan de Uso y Gestión del Suelo. Este factor introduce aspectos como la posibilidad de disponer de una visión más dinámica del entorno natural de la ciudad (los cauces de los ríos no son un dibujo en un mapa que perdura para siempre, sino que evolucionan constantemente, más en una geografía de montaña como la nuestra), así como con categorías de suelo que tengan en cuenta la posibilidad de que, en un corto tiempo, esas zonas dejen de ser seguras y, por tanto aptas para residencia.
- Incremento de los caudales de quebradas y ríos debido a la configuración de la infraestructura de alcanterillado y aguas servidas, y como una parte de esta vierte en los estos accidentes geográficos, incrementando su capacidad erosiva constante, cuando en un principio ésta podía ser mucho mas esporádica ligada principalmente a eventos de lluvia extrema en la cuenca hidrográfica donde se sitúan.
- Falta de control urbanístico en muchos puntos del DMQ, lo que ha favorecido un crecimiento excesivo en zonas extremadamente críticas.
- Incremento acelerado de la impermeabilización de los suelos por el proceso de urbanización que conlleva la disminución abrupta de la capacidad de infiltración del suelo y, por tanto, de su capacidad de regulación del caudal que circula por quebradas y ríos.

### 1.1. Objetivos

El objetivo del informe es evidenciar algunos de los factores principales que explican la situación en la que pueden encontrarse muchas viviendas en el DMQ y, más

concretamente aquellas que pertenecen al barrio Puerta del Sol, especialmente la situada en el número de predio 3541161.

- Evidenciar los problemas asociados al incremento de caudal y la variación en las vertientes de los ríos.
- Proponer algunas soluciones internas que mejoren el planeamiento y la gestión del uso del suelo, incorporando en ellas de una manera práctica, no retórica, la noción del riesgo mitigable.

## 1.2. Consideraciones

La información relacionada con la infraestructuras de conducciones que vierten a la Quebrada Pompeya (tramo superior) y de La Laguna o Carretas (tramo afectado), requiere una valoración y confirmación por parte de la Empresa Pública Metropolitana de Agua Potable y Saneamiento de Quito (EPMAPS).

Se han ortorectificado imágenes descargadas de Google Earth para comparar la situación previa y reciente de las viviendas situadas en el tramo afectado por la erosión. Esta ortorectificación tiene un propósito orientativo y no esta pensada para obtener mediciones exactas. Por otra parte, al carecer de visión estereoscópica también resulta complejo interpretar la altura de las edificaciones, por lo que la información derivada del análisis visual de las ortofotos debe entenderse como no definitorias de acciones administrativas o de obra civil.

Este informe se apoya en algunos de los aspectos indicados por la Dirección Metropolitana de Gestión de Riesgos ([DMGR, 2020](#)) en relación a las observaciones realizadas el día 20 de marzo de 2020.

Para facilitar el intercambio de información todo el material cartográfico ha sido reproyectado a WGS84 UTM 17S (coordenadas métricas).

## Capítulo 2

# Principales elementos de análisis

### 2.1. Morfología del área en 2010 y retrocesos estimados

Para el análisis topográfico de la zona afectada se ha utilizado la herramienta Topohazard (Marrero et al., 2016) y el Modelo Digital del Terreno (MDT) de 1 metro de resolución de 2010. Desgraciadamente no se cuenta con un modelo más reciente con la misma resolución para poder evaluar las diferencias, por lo que estas conclusiones se basan en la situación en ese año. El Topohazard es una técnica que permite cambiar el punto de referencia altitudinal del nivel del mar al centro del cauce de la quebrada, lo que permite obtener un producto similar a un MDT, pero más fácilmente evaluable visualmente.

En la Figura 1 se muestra las características generales topográficas de la quebrada de La laguna - Carretas a su paso por el barrio Puerta del Sol (al sur el predio afectado en estos momentos). En general, el cambio de pendiente se produce al rededor de los 45 metros de altura en buena parte del sector expuesto (es decir, la quebrada tiene 45 m de profundidad), observándose una importante reducción de cota hacia el sur, situando el nivel de cambio a 16 metros. Es precisamente en esta zona más baja donde se encuentra el predio número 3541161. En la Figura 2 se ve con mayor detalle esta circunstancia a la que se debe sumar una variación en la superficie por la que discurre el río (color azul claro) que indica una zona de mayor amplitud plana que termina con una pared casi vertical en la zona este del cauce. Esta circunstancia morfológica puede estar generada por la quebrada que vierte desde el oeste en dicho punto.

#### 2.1.1. El manejo de los límites de accidentes geográficos y su relación con el planeamiento

En las Figuras anteriores se muestra la capa que hace referencia a límite del accidente geográfico disponible en 2016 para ver como se comporta a lo largo del recorrido, dado que en buena medida es una fuente que debería condicionar los límites de las zonas de protección en el PUOS en las quebradas y ríos. Lo que observamos es que, en este caso, esta línea no delimita de forma exacta el cambio de pendiente

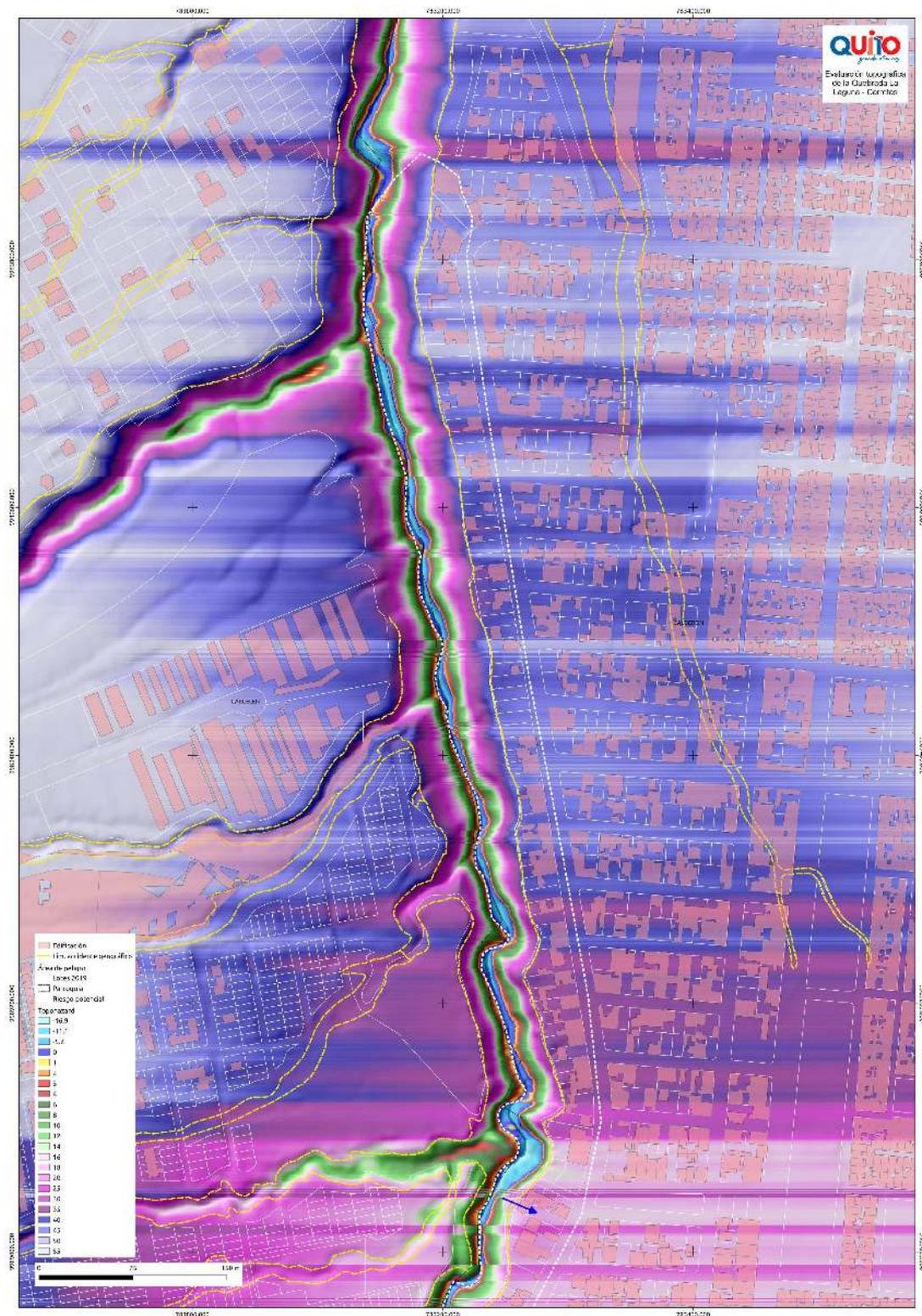


Figura 1: Plano de situación y distancias aproximadas en 2003.

sino que se sitúa unos 5 metros atrás del borde de quebrada. Por tanto, no es un límite estricto de accidente geográfico basado en cambio de pendiente o, al menos, no

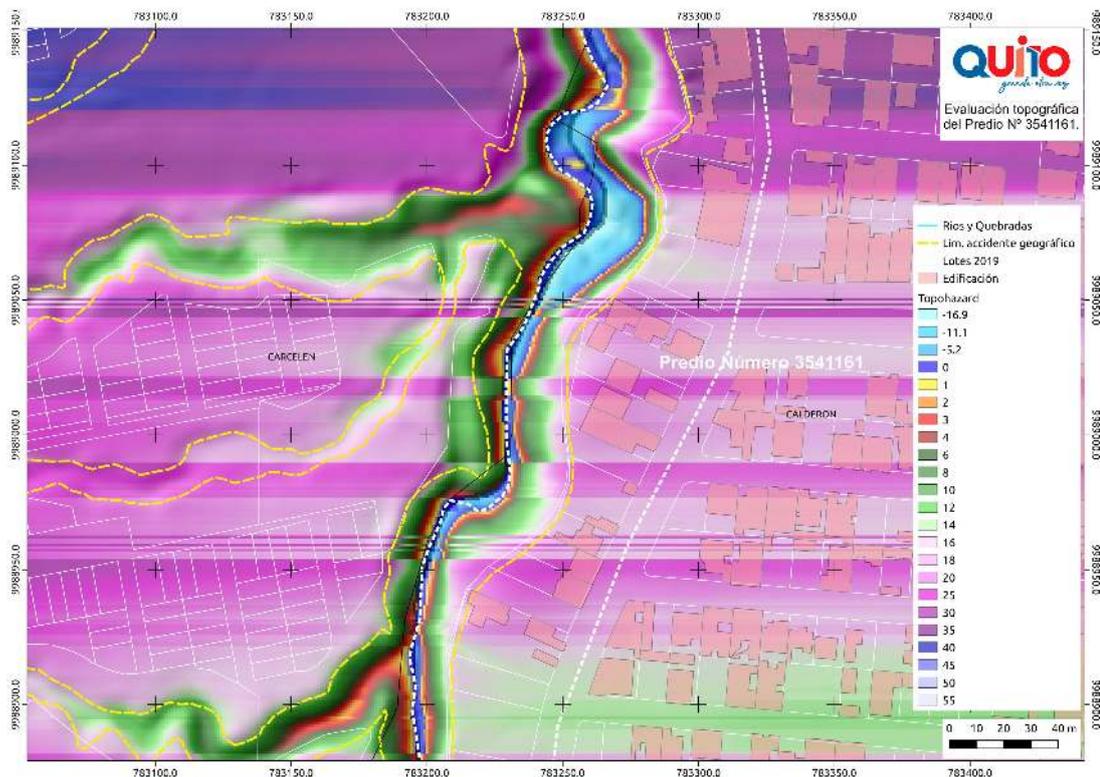


Figura 2: Plano de situación y distancias aproximadas en 2003.

siempre se comporta así.

Otro aspecto a señalar es la quebrada ya desaparecida que aparece hacia el este, ya en el límite entre Puerta del Sol y Carapungo (Figura 1). Esta circunstancia es relevante porque no obedece a la presencia de una quebrada reciente, sino a una más antigua que fue eliminada más de 20 años atrás. La cuestión que aquí se plantea es si es relevante o no hacer una delimitación de accidente geográfico que no existe en un área totalmente consolidada y legalmente construida y que ni siquiera es contemplada en PUOS antiguos, tal como se aprecia en la Figura 4 con el planeamiento en 2003. En este caso, el suelo residencial 3 se mantiene sin interrupciones con una morfología completamente aplanada y urbanizada, incluso ya en esa fecha. La quebrada que aparece en discontinuo pertenece a un trabajo de recuperación de trazados de quebradas antiguas, muchas de las cuales ya no existen en la ciudad y que tendrían que tener un tratamiento diferenciado (Desconocido, 2018).

## 2.2. Características del terreno

La quebrada de La laguna – Carretas se encuentra entallada en los depósitos volcánico-sedimentarios de las Formación San Miguel, denominada Qvi en el Mapa Geológico Simplificado de Quito (DMGR, 2016), indiferenciada de las Formaciones Gayllabamba y Pisque. Se trata de arcillolitas, limolitas y areniscas poco compactadas, intercaladas con estratos de arenas tobáceas, caídas de piroclastos y niveles caláreos depositados en un ambiente lacustre (Pacheco, Andrade and Alvarado, 2014).



Figura 3: PUOS 2003 en el barrio Puerta del Sol y Carapungo.

Son, por tanto, sedimentos fácilmente deleznable por la acción del agua. De allí también las pendientes fuertes de los taludes (Figura 4), no solo en el sitio de interés, sino

a lo largo de esta y otras quebradas de la cuenca de San Antonio (Figura 1).



Figura 4: Taludes verticales e infraestructura sanitaria abandonada en la Quebrada de La laguna - Carretas a la altura del predio 3541161. Nótese la obra de reforzamiento del talud a la derecha que parece tener anclajes en hormigón lanzado (?). Foto de la DMGR, SGSM.

### 2.3. Evolución histórica del área

Con el fin de entender la evolución natural y antrópica del área afectada donde se sitúa el predio número 3541161, se descargaron de la aplicación Google Earth un histórico de ortofotos que van desde 2003 hasta 2020. Estas ortofotos fueron ortorectificadas para poder subirlas al sistema de Información Geográfica (SIG) y así combinarlas con el resto de información disponible de la zona. Inicialmente se ha tenido en cuenta la situación en 2003, en 2010 por ser la información oficial con la que cuenta el catastro, en 2015 por la sombra que proyecta, que permite evaluar mejor los límites de la quebrada y, finalmente, la actual en 2020.

La Figura 5 muestra una combinación de capas con transparencias referidas a la situación en 2003. En ella se observa la ortofoto y el PUOS en 2003. Con fecha más reciente tenemos el trazado de las quebradas y ríos (2010 turquesa) y los límites actuales de las propiedades según el catastro (2019 gris). Sobre ella se ha delimitado lo que parecen el borde de quebrada (rojo) y el muro de la edificación (verde-claro), junto a tres mediciones de distancia aproximada en 2D (sin considerar la pendiente):

A) 9 m; B) 22 m; y C) 27 m. En aquella época existía una estructura en el límite más cercano a la quebrada, fuera de la zona permitida por el uso del suelo. Es muy probable que esta estructura fuera mas antigua que la definición del PUOS.

La Figura 6 representa los mismos elementos que la anterior, pero en 2010, año que todavía prevalece hasta hoy en día a nivel catastral desde el punto de vista de la ortofoto y del modelo digital disponible. En ese momento, se observan algunas variaciones en la zona, si bien sigue predominando la escasa edificación. Como cambios específicos, parece que hay una ampliación de los muros para completar y cerrar el lote hacia la quebrada. Las distancias aproximadas que se registran en este momento son: A) 18 m hasta el límite oficial del accidente geográfico B) 14 m hasta el muro exterior y 23 m hasta la casa que aparecía en 2003; y 29 m hasta el límite de protección ecológica. El límite de accidente geográfico ya se basa en el modelo digital de 1 m disponible para ese año y ya registra una variación considerable respecto a 2003, cerca de 10 m, si bien creemos que su posición está demasiado avanzada respecto a la realidad del momento. Por observación debería estar uno 4 metros atrás, lo que nos daría unos 6 metros de avance.

En 2015 (Figura 7), vemos una proyección importante de la sombra, lo que confirmaría un considerable incremento de la pendiente, asociado con el proceso erosivo de la pared derecha de la quebrada. Las distancias aproximadas serían: A) 15 m hasta el límite del cambio de pendiente visual (no oficial); B) 20 m hasta el muro externo de la propiedad y 25 hasta la casa; y C) 30 m hasta el límite de la zonificación residencial.

Finalmente, la Figura 8 muestra la misma situación pero en 2020. En este caso, si bien a partir de la ortofoto parece muy similar, el límite del accidente geográfico está más próximo a la edificación, lo que nos daría unos 10 m de avance desde la situación en 2003. En la Figura 9 se ve el retroceso del talud acumulado durante 15 años. Por otra parte, la impresión visual que da es que la edificación expuesta se encuentra dentro de la zona residencial permitida por el PUOS 2018. Hay que considerar que la estructura originaria y, en general, la propiedad sufre cambios importantes en 2012, cuando se catastra por primera vez.

En este proceso, una de las cuestiones que habría que definir con exactitud es si la casa esta en la zona de uso residencial o de protección ecológica. A nuestro entender, creemos que la edificación de 2012 está en la primera, al menos en su mayor parte, si bien sería necesario una medición precisa para verificarlo. Este factor es importante, porque el informe del la [DMGR \(2020\)](#) indica lo contrario.



Figura 5: Plano de situación y distancias aproximadas en 2003.

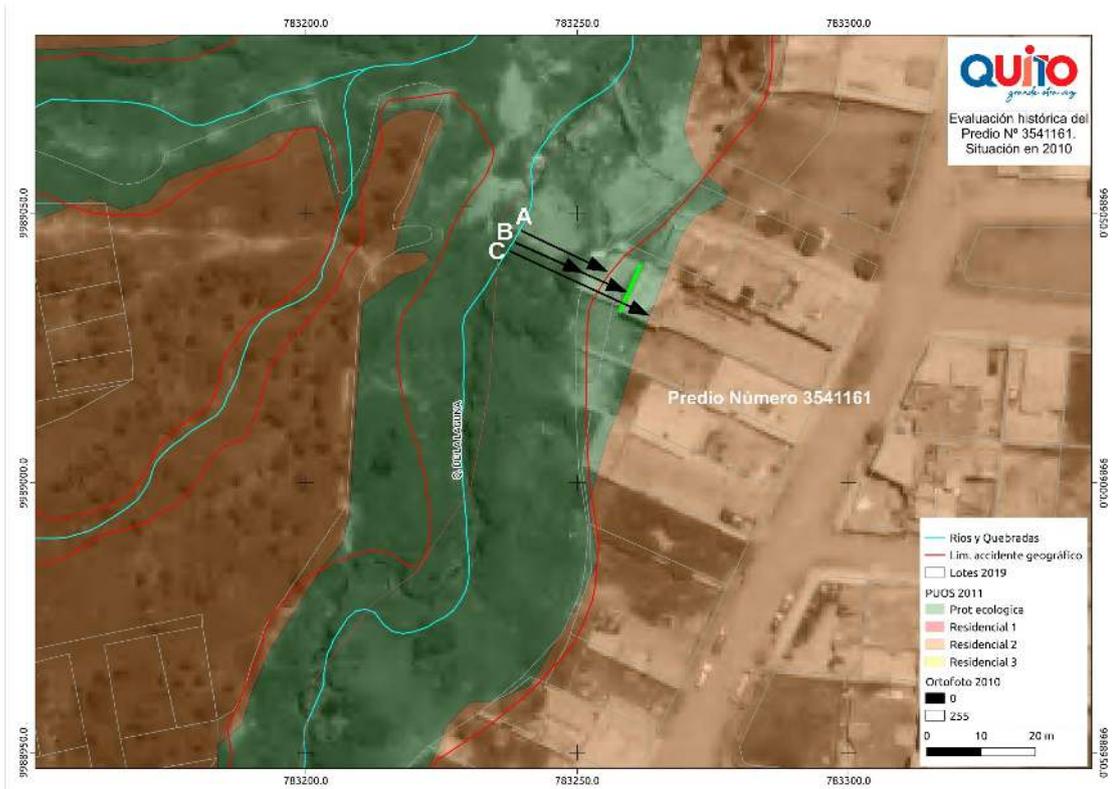


Figura 6: Plano de situación y distancias aproximadas en 2010.

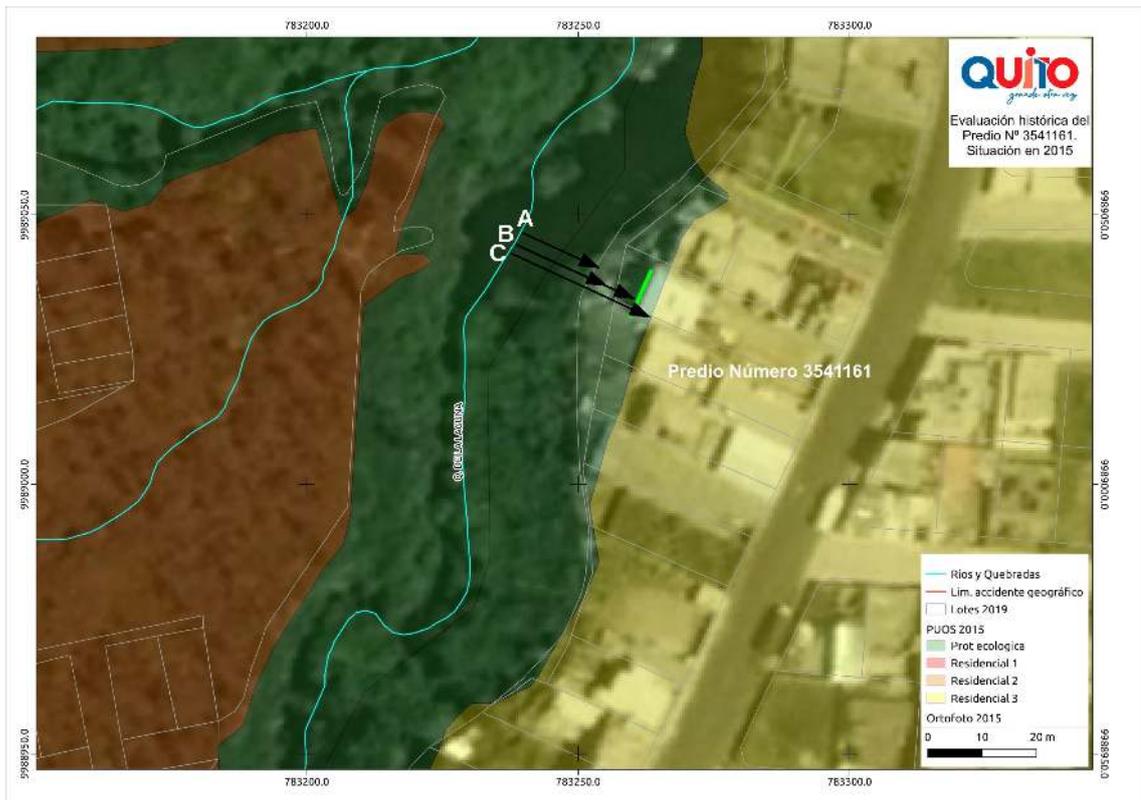


Figura 7: Plano de situación y distancias aproximadas en 2015.



Figura 8: Plano de situación y distancias aproximadas en 2020.



Figura 9: En la composición de imágenes del GoogleEarth se observa el retroceso del talud entre 2005 y 2019, años de tomas de las imágenes de izquierda y derecha respectivamente.

## 2.4. Infraestructura de conducciones en 2012

Uno de los problemas ya observados en el DMQ, especialmente en su área urbana, es el incremento de caudal de ríos y quebradas debido al vertido directo de aguas de lluvia y/o servidas y a la impermeabilización de la superficie por el avance de la cobertura de cemento/asfalto. Este factor, en muchos casos, genera corrientes continuas allí donde antes eran esporádicas, asociadas únicamente a la caída de lluvia, al tiempo que incrementa los caudales y, por tanto, la capacidad erosiva del agua en el cauce del río. Este aspecto hay que combinarlo con la falta de cohesión que tiene buena parte del material de relleno superficial de la cuenca norte donde se ubica el lugar de análisis.

Si bien esta información tiene que ser actualizada y verificada por la EPMAPS, en la Figura 10 se muestra la red de tuberías de agua y conducciones de aguas de lluvia y servidas en la parte superior de la quebrada de La Laguna-Carretas, en la quebrada conocida como Pompeya. Para hacerlo más evidente se ha indicado con un punto rojo los sitios donde potencialmente hay descargas directas que desembocan en la zona y con un recuadro amarillo el predio número 3541161 (al noreste). Esta red hay que entenderla en toda su dimensión para poder estimar los caudales de vertidos estimados, análisis que está fuera del objetivo de este informe, pero lo que si está claro es que está teniendo una influencia clara en la dinámica de la quebrada, favoreciendo los procesos de excavación y retroceso de vertientes, especialmente en determinados puntos donde se dan este tipo de condiciones.

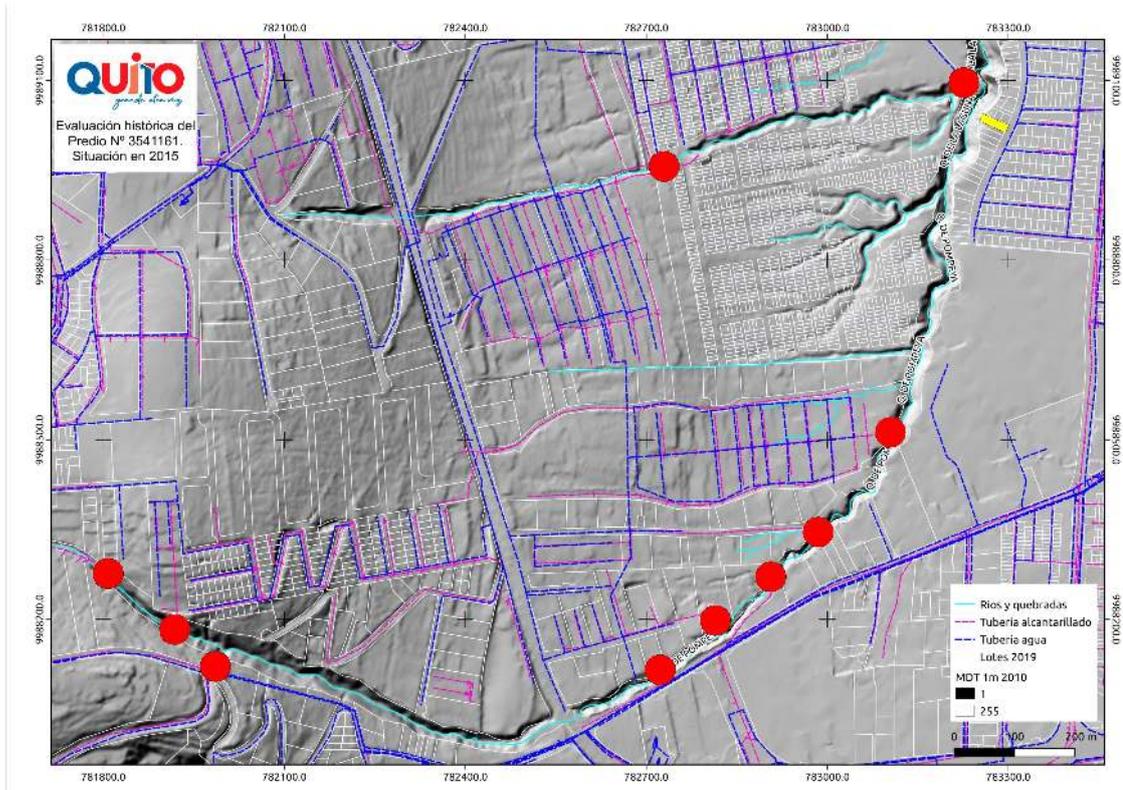


Figura 10: Distribución potencial de puntos de desalajo de aguas de lluvia y/o servidas a la Quebrada de La Laguna-Carretas.

## 2.5. Valoración SEAE-DMQ del área en riesgo

Con fines a entender mejor la dimensión del problema en el barrio Puerta del Sol y no solo en el predio en cuestión, se procedió a escoger una zona del barrio en la que las condiciones de borde de quebrada son similares a la del predio en análisis y a realizar una evaluación utilizando la herramienta de desarrollo propio denominada Sistema Exploratorio de Análisis Espacial del Distrito Metropolitano de Quito (SEAE-DMQ) (Yepes and Marrero, 2020). Los resultados globales se muestran en el Anexo A, en la Tabla 1. En ella destaca una población estimada superior a 600 personas, con un valor catastral expuesto de 7 millones de dólares. En general, es un área totalmente consolidada, con un 81 % de cobertura eléctrica residencial por vivienda y un 98 % de abonos de agua por lote, donde además hay cierta presencia de actividad comercial, principalmente relacionada con el sector alimenticio (Figura 11).

## 2.6. La dimensión del problema en el DMQ

Para entender cual podría ser la dimensión del problema en el DMQ asociado a la presencia de edificaciones, comercios e infraestructuras situadas en zonas de protección ecológica o de patrimonio natural definidas según el PUOS 2018, se ha utilizado nuevamente el SEAE-DMQ (Yepes and Marrero, 2020). Es importante señalar que este análisis solo tiene en cuenta lo que está dentro de las mencionadas zonas, no lo que está próximo, aspecto que incrementaría aún más los números obtenidos.

Tal como se aprecia en la Figura 12, el área de protección abarca grandes extensiones de terreno situada en las zonas rurales del DMQ principalmente y luego espacios más pequeños centrados en la red de quebradas y ríos. En todo este espacio destaca la presencia de más de **10000 lotes con unas 12 mil edificaciones** en la que se estima una **población de 120 mil habitantes** y donde se incluyen también actividades económicas, presencia de infraestructuras (km de carreteras, tuberías, abonos de agua y luz, etc).

Si realizamos una selección más precisa de las zonas de protección asociadas a quebradas y ríos encontramos que en ella se ubican unos **5932 edificios donde viven aproximadamente unas 70 mil personas**. Hay también una importante cantidad de infraestructuras, por ejemplo 776 km de vías de comunicación, 2000 iluminarias, 173 km de tubería de alcantarillado y 210 de agua, etc. También existen 226 negocios de alimentación, 3 farmacias y 3 centros de salud.

Es, pues, un panorama extremadamente complejo que requiere una actuación planificada conjunta para el diseño de estrategias globales, lo que no excluye actuaciones a corto plazo en las zonas más urgentes. En el Anexo A, en la Tabla 2 se pueden consultar las cifras arrojadas por SEAE-DMQ con más detalle, variable por variable, tanto del análisis sobre todo el espacio protegido como aquel específico centrado en ríos y quebradas.



Figura 11: Áreas de riesgo potencial asociada a los procesos de erosión de la quebrada La Laguna-Carretas.



Figura 12: Áreas de protección natural y de patrimonio natural del DMQ según el PUOS de 2018.

## Capítulo 3

# Conclusiones y recomendaciones

Este informe no sólo aborda aspectos específicos relacionados con lo ocurrido en la quebrada de La Laguna-Carretas y el número de predio 3541161, sino también con cuestiones más amplias relacionadas con el manejo del suelo, especialmente en zonas sensibles de protección que, por tanto, están expuestas a riesgos de origen natural y sobre las cuales el Municipio tiene obligaciones adicionales generadas por la regulación municipal de protección de los derechos de las personas.

### 3.1. El Predio 3541161

En relación al predio en cuestión, tenemos una vivienda construida en una zona donde la regulación urbana si lo permite que ha ido perdiendo parte del terreno disponible debido a los procesos erosivos que se dan en los taludes de la Quebrada de La Laguna-Carretas. En la misma situación de amenaza se encuentran los predios colindantes hacia el norte y sur del predio evaluado.

La posición de la edificación requiere verificación en detalle, puesto que catastralmente no parece haber problema respecto al PUOS, aunque la inspección de campo de la DGGR de marzo 2020 indicaba lo contrario ([DMGR, 2020](#)).

La edificación afectada se sitúa justo frente a la confluencia con otra quebrada de nombre desconocido que discurre en sentido oeste-este. El talud opuesto a la desembocadura de dicha quebrada lateral –sobre el que está el predio 3541161– está siendo considerablemente erosionado desde antes del año 2010. El predio se sitúa en una planicie a 16 m por encima del cauce mientras que el resto del Barrio Puerta del Sol hacia el norte se encuentra a 45 metros. Por evidencias cartográficas y de campo (Ordoñez, J. comunicación personal) hay que comprobar la influencia actual y anterior de infraestructura de la EPMAPS, ya sea aguas arriba en la Quebrada de La Laguna-Carretas o al pie del talud erosionado en la zona de análisis (Figura 10). La erosión del talud a lo largo del cauce probablemente se está viendo incrementada por el vertido constante de aguas de lluvia y servidas de la infraestructura de alcantarillado de la cuenca, más aun con el acelerado proceso de urbanización que se ha dado en la zona que drenan las quebradas tributarias. El retroceso de los taludes se ve favorecido, además, por la geología del relleno del valle, con materiales muy débiles ante la erosión.

Para el predio número 3541161 se plantean algunas recomendaciones:

- Determinar, en el talud próximo al predio número 3541161, posibles afecciones y dinámicas erosivas específicas en la quebrada De La Laguna, tanto en el cauce como por el afluente que desemboca en frente (desde el oeste), antes de plantear una medida correctora.
- Evaluar, de una manera más integral, las modificaciones potenciales que está introduciendo la infraestructura de conducción de agua de lluvias y servidas en la capacidad erosiva de la Quebrada de Pompeya o De La Lagunas-Carretas, para determinar su impacto a medio plazo y detectar zonas especialmente sensibles a dichos aportes casi continuos de aguas.
- Evaluar la posibilidad de acometer obras puntuales que supongan una mejora para el conjunto de la casas próximas al predio afectado.
- Tener previsto un plan de reubicación temporal tanto para la familia del predio en mención como las de los varios lotes contiguos en caso necesario.

### **3.2. Visión sobre el DMQ respecto a la problemática de los cauces, taludes, áreas de protección, predios y edificaciones**

El problema aquí abordado no es único, por el contrario, afecta a miles de edificaciones y personas en el DMQ.

De manera recurrente, los vecinos asentados en las riberas de los cauces (ríos o quebradas) que cruzan el DMQ en su parte urbana solicitan la protección y/o ayuda del Municipio ante problemas causados por la erosión de los taludes relacionados a sus predios. En ocasiones, tales asentamientos se han dado infringiendo las ordenanzas que definen áreas de protección ecológica o de protección del patrimonio natural, pero en otras, como parece ser el presente caso, son construcciones realizadas en cabal observación de tales ordenanzas, pero donde la dinámica de los agentes naturales y antrópicos las ha puesto en riesgo.

La respuesta municipal desde sus diversas entidades debería ser de varios tipos, pero en general solo se lleva a cabo asociada a una situación de emergencia o bien construyendo obras de protección, no siempre efectivas o duraderas. Por otro lado, desde el punto de vista regulatorio, el Cabildo tiene la obligatoriedad de actualizar la norma del PUGS, proceso donde la definición de los Accidentes Geográficos y zonas de protección ecológica resultan críticos. Otras normas conexas como las de seguridad asociada a la reubicación obligatoria o expropiaciones por “riesgo no mitigable” dependen, desde un punto de vista legal, del uso del suelo definido en el PUGS. Sin embargo, los reguladores, a nuestro entender, no tienen claro la dimensión de problema respecto al número de personas que ya viven o que pudieran verse afectados en un futuro próximo por las circunstancias descritas en este informe. Es por ello que se ha realizado un análisis global mediante la aplicación SEAE-DMQ (Yepes and Marrero, 2020), lo que ha permitido determinar que entre 70000 y 120000 personas estarían abocadas a esta situación.

Adicionalmente, observamos ciertas conceptualizaciones a la hora de definir accidentes geográficos o delimitar los espacios de protección que deberían revisarse, pues todo ello se lleva a cabo con una óptica muy estática que no tiene en cuenta la naturaleza dinámica y cambiante de una ciudad de montaña como Quito. Hay una ausencia de estrategias continuadas en el tiempo que incluyan una comprensión de la dinámica de quebradas y ríos y cómo el hombre las está modificando y, a su vez, como estas, afectan al entorno construido. Ello resulta en la generación de múltiples situaciones complejas a lo largo de las quebradas y ríos del DMQ que no pueden solucionarse únicamente con obras puntuales, sino con una estrategia integral basada en el análisis global de las áreas de protección y en una visión y técnicas distintas a las planteadas en la actualidad.

Para el el DMQ se plantean algunas recomendaciones de ámbito general:

- Disponer de un plan periódico que permita, en primera instancia la adquisición y en segunda la actualización periódica de la cartografía del DMQ, incluyendo una ortofoto y un modelo digital del terreno, que represente, con la mayor precisión posible, la realidad del espacio geográfico. Esta cartografía se la debe concebir como un elemento cartográfico genérico que es válido para y utilizado por todas las entidades municipales, sobre el cual harán sus desarrollos y basarán las actividades correspondientes. Este aspecto es fundamental, dado que la actual cartografía catastral tiene unos fines muy concretos y está sujeta a una serie de regulaciones que impiden describir aquello que está fuera de la legalidad o norma, por lo que no representa la realidad del territorio al momento actual.
- Poner en marcha las acciones necesarias para adquirir la cartografía pública elaborada por el Instituto Geográfica Militar relacionada con el DMQ, negociar su entrega y definir las posibles acciones de actualización periódica, considerando que este tipo de acuerdos interinstitucionales requieren de un esfuerzo menor que cuando se tiene que levantar la cartografía desde cero si se la realiza con otros actores. Este aspecto es urgente dado que la necesidad de esta información cartográfica es común a todas las áreas institucionales.
- Mejorar el proceso de caracterización y delimitación de accidentes geográficos de tal manera que en ellos se incluyan también las dinámicas geomorfológicas allí donde se observen cambios frecuentes. Esta labor debería estar coordinada con otras instituciones relacionadas con en el medio, definiendo conjuntamente las dinámicas actuales y futuras de los accidentes geográficos y no únicamente su delimitación en el espacio en un momento dado.
- Analizar una categorización específica del uso del suelo en la que se prevean cambios de uso a corto o medio plazo en función de la dinámica actual y futura de dichos accidentes geográficos. Quito, en muchas zonas, tiene una naturaleza muy dinámica que no puede obviarse, pero también tiene una realidad construida que debe manejarse a corto y largo plazo.

## Bibliografía

- Desconocido, 2018. *Quito sensible al agua*. Available from: <https://www.arcgis.com/apps/MapSeries/index.html?appid=b4dc6e26d484433a9ff89a0661064e82>.
- DMGR, 2016. *Mapa geológico simplificado, proyecto: plan de gestión integral de riesgos de la cuenca del río monjas i fase: diagnóstico de la situación actual de amenazas, vulnerabilidades y riesgos*. Secretaría General de Seguridad. Dirección Metropolitana de Gestión de Riesgos.
- DMGR, 2020. *Informe técnico de emergencia it-e no. 004-e-at-dmgr-2020*. Secretaría General de Seguridad. Dirección Metropolitana de Gestión de Riesgos.
- Marrero, J., Vasconez, F., Espín, P., Sierra, D., Yepes, H., Pástor, J., Erazo, C., Estrella, C. and Mothes, P., 2016. Topohazard, a methodology to improve lahar hazard maps for a better emergency and urban planning. *Cities on volcanoes 9, iavcei*.
- Pacheco, D., Andrade, D. and Alvarado, A., 2014. Estratigrafía cuaternaria de la cuenca san antonio de pichincha. *Escuela politécnica nacional [epn]*, 33(3), pp.1–9. Available from: <https://www.igepn.edu.ec/publicaciones-vulcanologia/bibl-pululahua/19188-logrono-d-a-p-andrade-d-alvarado-a-2014/file>.
- Yepes, H. and Marrero, J., 2020. *Sistema Exploratorio de Análisis Espacial del Distrito Metropolitano de Quito (SEAE-DMQ)*. Alcaldía del Municipio de Quito. Asesoría en riesgos.

## Anexo A

### Análisis SEAE-DMQ

#### A.1. Análisis en la zona de peligro del barrio Puerta del Sol

El análisis realizado el 17/05/2020 se centra en la zona de amenaza que aparece en la Figura 11. Este análisis tiene en cuenta más de 40 variables y otros tantos indicadores obtenidos a partir de la combinación de las anteriores o por cálculos específicos. Considerando que es un área reducida las longitudes se expresan en metros y la relación por habitantes en 500 personas.

Tabla 1: Valores obtenidos para las variables espaciales analizadas en la zona de peligro del barrio Puerta del Sol.

Descripción	Valor
Índice numérico de la estructura de datos	0
<b>Identificador de la Unidad de Análisis Espacial (UAE)</b>	1
Código UAE	1
Área SIG UAE ( $m^2$ )	74785.73
Perímetro SIG UAE (m)	2366.68
Coordenada Y centroide de UAE (WGS84 UTM17S)	783233.37
Coordenada X centroide de UAE (WGS84 UTM17S)	9989371.05
Área total de terreno catastrado por UAE ( $m^2$ )	32714.65
Área total catastrada construida por UAE ( $m^2$ )	16262.91
Área catastrada baldía, sin construcción por UAE ( $m^2$ )	10183.84
Porcentaje de superficie construida catastral respecto al área de la UAE (%)	21.75
Valor total terreno catastrado por UAE (\$)	2589828.87
Valor total construido catastrado por UAE (\$)	5157854.83
Valor total de terreno + construido + aida por UAE (\$)	7747683.71
Número de lotes por UAE	103
Número de predios por UAE	101
Número de construcciones por UAE	181
Número de construcciones tipo vivienda por UAE	175
Número de propietarios por UAE	101
Número de unidades constructivas (UC) (elemento cartográfico) por UAE	194
Número de bloques (elemento cartográfico) por UAE	94
Numero de lotes donde existe potencial conflicto de propiedad por UAE (Algoritmo experimental)	0
Número de edificaciones catastradas (bloques fusionados) por UAE	89
Número de edificaciones UC por UAE	11
Número de edificaciones IGM por UAE	0
Número de edificaciones OSM por UAE	0
Número de edificaciones INEC por UAE	4
Número de edificaciones totales por UAE	104
Área total planimétrica de las edificaciones catastradas por UAE ( $m^2$ )	9366.90
Área total planimétrica de las edificaciones UC por UAE ( $m^2$ )	257.63
Área total planimétrica de las edificaciones IGM por UAE ( $m^2$ )	0

Continúa en la siguiente página...

Descripción	Valor
Área total planimétrica de las edificaciones OSM por UAE ( $m^2$ )	0
Área total planimétrica de las edificaciones INEC por UAE ( $m^2$ )	1782.21
Área total planimétrica del total de edificaciones por UAE ( $m^2$ )	11406.74
Área baldía real, sin catastro ni cartografía planimétrica por UAE	0
Porcentaje de superficie construida basada en planimetría de edificaciones por UAE (%)	21.75
Área construida total, catastral más planimétrica no catastral, por UAE ( $m^2$ )	18045.12
Porcentaje de edificaciones no catastradas por UAE respecto al total (%)	2.23
Porcentaje de edificaciones humildes por UAE (valor $m^2$ inferior a 250\$)	17.14
Número de personas totales por UAE (INEC 2010)	133
Densidad de población INEC 2010 por UAE ( $hab/km^2$ )	1778.41
Número de personas en edad escolar INEC 2010 por UAE	9
Número de personas con discapacidades (motrices, visuales, auditivas,...) INEC 2010 por UAE	2
Número de personas pertenecientes a minorías raciales (indígenas, afros, etc) INEC 2010 por UAE	12
Número de personas identificadas como mestizos INEC 2010 por UAE	111
Número de personas identificadas como blancas INEC 2010 por UAE	4
Población total hombres INEC 2010 por UAE	65
Población total mujeres INEC 2010 por UAE	68
Población total dependiente menor 15 años INEC 2010 por UAE	42
Población total activa INEC 2010 por UAE	88
Población total dependiente mayor 65 años INEC 2010 por UAE	3
Población menor a 10 años INEC 2010 por UAE	27
Población mayor a 10 años INEC 2010 por UAE	109
Población estimada basada en EEQ por UAE	584
Población estimada basada en viviendas catastradas por UAE	700
Población estimada basada en EPMAPS por UAE	404
Población estimada mediante algoritmo por UAE	642
Densidad de población por $km^2$ construido (catastro más planimetría no catastral) ( $hab/km^2$ )	35577.50
Porcentaje de minorías respecto a población total (%)	1.87
Variación absoluta del número de habitantes por UAE (INEC - estimada)	509
Variación porcentual del número de habitantes por UAE (INEC - estimada) (%)	20.72
Unidad familiar promedio por UAE (area viviendas / pobtotal estimada)	27.07
Número de paradas del metro por UAE	0
Longitud vía de metro (km o m)	0
Número de paradas de ciclovía por UAE	0
Longitud de ciclovía por UAE (km o m)	0
Numero de paradas de transporte público por UAE	0
Longitud de vías de transporte público por UAE	0
Longitud de vías de trasporte por UAE (km)	940
Densidad de vías por UAE $km/km^2$	0
Porcentaje de vías con pendiente superior a 5 grados por UAE (%)	0
Número de conexiones-nodos viales por UAE	74
Número de conexiones-nodos por $km^2$ por UAE	0
Longitud de vía asfaltada por UAE	710
Índice de Engel o suficiencia vial (IE), longitud km de via / sqrt(superficie UAE $km^2$ * poblacion)	0
Número de gasolineras por UAE	0
Número de farolas/iluminarias por UAE	4
Farolas por cada n* habitantes por UAE	3.12
Cobertura espacial de iluminarias por UAE en viario disponible (dist. 5 m)	2.13
Número de abonados electricidad por UAE	208
Número de abonados electricidad residenciales por UAE	146
Número de abonados electricidad industriales por UAE	8
Número de abonados electricidad comerciales por UAE	11
Número de abonados electricidad otros por UAE	43
Abonados de electricidad residencial por cada 500 habitantes por UAE	113.71
Cobertura abono eléctrico residencial en viviendas por UAE	81.56
Número de postes para cableado por UAE	2
Longitud de tubería de alcantarillado ( $km^2$ )	0
Densidad de tubería de alcantarillado por $km/km^2$	0
Cobertura espacial de alcantarillado en viario por UAE	0
Longitud de tubería de agua potable por UAE	0
Densidad de tubería de agua por $km/km^2$	0
Número de abonados de agua potable por UAE	101
Abonos de agua por cada 500 habitantes por UAE	78.66
Cobertura abonos de agua en vivienda por UAE	56.42
Cobertura abonos de agua en lote por UAE	98.06
Longitud de cableado de telecomunicaciones	630
Densidad de cableado de telecomunicaciones por $km/km^2$	0
Cobertura de cableado de telecomunicaciones en viario por UAE	67.02

Continúa en la siguiente página...

Descripción	Valor
Número de antenas de telefonía celular por UAE	0
Cobertura de telefonía celular por UAE, aproximación simple (2500 m radio)	0
Número de accidentes de tráfico por UAE	7
Número de delitos por UAE	1
Número de UPCs (Policía) por UAE	0
Número de LUAES por UAE	13
LUAES por cada 500 habitantes por UAE	10.12
Número total de centros de producción servicio y venta de alimentación y bebida por UAE	5
Centros dedicados a la producción de alimentos y bebidas por UAE	0
Centros dedicados a la elaboración de alimentos y bebidas por UAE	0
Centros dedicados a la venta al por mayor de alimentos y bebidas por UAE	0
Centros dedicados a la venta al por menor de alimentos y bebidas por UAE	4
Centros dedicados a la venta al por mayor y menor de alimentos y bebidas por UAE	0
Locales dedicados al servicio de alimentos y bebidas (hostelería) por UAE	1
Número de farmacias por UAE	0
Farmacias por cada 500 habitantes por UAE	0
Número de centros de salud por UAE	0
Centros de salud por cada 500 habitantes por UAE	0
Número de centros educativos por UAE	0
Centros por cada 500 habitantes por UAE	0
Número de puntos activos por UAE	0
Número de centros descentralizados por UAE	0
Número de cementerios por UAE	0
Número de centros 60 y piquitos por UAE	0
Número de centros deportivos por UAE	0
Numero de personas necesitadas por UAE	49
Numero de personas necesitadas pendiente de recibir kit por UAE	48
Ratio entre pendientes y entregados por UAE	97.96
Personas necesitadas por cada 500 habitantes por UAE	38.16
Número de fallos en infraestructuras y elementos estructurales de edificaciones por UAE	0
Indicador de fallos en infraestructuras y elementos estructurales por UAE	0
Número de incendios forestales por UAE	1
Indicador normalizado de incendios forestales por UAE	100
Número de movimientos en masa por UAE	0
Indicador normalizado de movimientos en masa por UAE	0
Número de puntos de inundación por UAE	0
Indicador normalizado de inundaciones por UAE	0
Numero de puntos críticos de recogida de basura por UAE	0
Número de mayores productores por UAE	0

## A.2. Análisis en la zona de espacio protegido del PUOS 2018

La Tabla 2 muestra el análisis realizado para determinar el contenido de múltiples variables en los espacios de protección, distinguiendo la columna *ValorT*, donde se considera el total, y *valorH*, la referida a las áreas asociadas a ríos y quebradas.

Tabla 2: Valores obtenidos para las variables espaciales analizadas en toda la zona de Protección Ecológica y de Patrimonio Natural del PUOS 2018 en el DMQ.

Descripción	ValorT	ValorH
Área SIG UAE ( $m^2$ )	2019181258.55	464419369.91
Perímetro SIG UAE (m)	8747615.39	6518714.84
Área total de terreno catastrado por UAE ( $m^2$ )	1012489744.72	126154290.807564
Área total catastrada construida por UAE ( $m^2$ )	1674774.40	1083553.36
Área catastrada baldía, sin construcción por UAE ( $m^2$ )	693629110.29	69651074.929989
Valor total terreno catastrado por UAE (\$)	1652887318.09	1005274617.58
Valor total construido catastrado por UAE (\$)	393075339.93	249320605.18
Valor total de terreno + construido + aida por UAE (\$)	2068243537.59	1274352805.97
Número de lotes por UAE	10734	4508
Número de predios por UAE	12707	5973
Número de construcciones por UAE	16981	10740

Continúa en la siguiente página...

Descripción	ValorT	ValorH
Número de construcciones tipo vivienda por UAE	11229	6796
Número de propietarios por UAE	17013	7369
Número de unidades constructivas (UC) (elemento cartográfico) por UAE	7138	4135
Número de bloques (elemento cartográfico) por UAE	5592	3197
Numero de lotes donde existe potencial conflicto de propiedad por UAE (Algoritmo experimental)	4	3
Número de edificaciones catastradas (bloques fusionados) por UAE	4755	2971
Número de edificaciones UC por UAE	64	32
Número de edificaciones IGM por UAE	6593	2356
Número de edificaciones OSM por UAE	177	35
Número de edificaciones INEC por UAE	708	538
Número de edificaciones totales por UAE	12297	5932
Área total planimétrica de las edificaciones catastradas por UAE ( $m^2$ )	789640.630867	522841.8379
Área total planimétrica de las edificaciones UC por UAE ( $m^2$ )	10537.688421	6572.425042
Área total planimétrica de las edificaciones IGM por UAE ( $m^2$ )	839365.05258	374457.596091
Área total planimétrica de las edificaciones OSM por UAE ( $m^2$ )	17216.049805	6855.035644
Área total planimétrica de las edificaciones INEC por UAE ( $m^2$ )	620493.225098	510302.806642
Área total planimétrica del total de edificaciones por UAE ( $m^2$ )	2277252.789892	1421029.657422
Área baldía real, sin catastro ni cartografía planimétrica por UAE	24082731.618375	1544131.053769
Área construida total, catastral más planimétrica no catastral, por UAE ( $m^2$ )	3151848.704265	1975168.799767
Número de personas totales por UAE (INEC 2010)	73242	50555
Número de personas en edad escolar INEC 2010 por UAE	8508	5842
Número de personas con discapacidades (motrices, visuales, auditivas,...) INEC 2010 por UAE	3412	2225
Número de personas pertenecientes a minorías raciales (indígenas, afros, etc) INEC 2010 por UAE	3648	2414
Número de personas identificadas como mestizos INEC 2010 por UAE	61095	41754
Número de personas identificadas como blancas INEC 2010 por UAE	3536	2696
Población total hombres INEC 2010 por UAE	36257	24938
Población total mujeres INEC 2010 por UAE	36985	25617
Población total dependiente menor 15 años INEC 2010 por UAE	23850	16111
Población total activa INEC 2010 por UAE	45153	31627
Población total dependiente mayor 65 años INEC 2010 por UAE	4239	2817
Población menor a 10 años INEC 2010 por UAE	16396	11135
Población mayor a 10 años INEC 2010 por UAE	58450	40494
Población estimada basada en EEQ por UAE	44320	21752
Población estimada basada en viviendas catastradas por UAE	44916	27184
Población estimada basada en EPMAPS por UAE	78368	31632
Población estimada mediante algoritmo por UAE	120887	69487
Número de paradas del metro por UAE	0	0
Longitud vía de metro (km o m)	0	0
Número de paradas de ciclovía por UAE	0	0
Longitud de ciclovía por UAE (km o m)	15.935	14.845
Numero de paradas de transporte público por UAE	62	51
Longitud de vías de transporte público por UAE	0	0
Longitud de vías de trasporte por UAE (km)	2517.055003	776.100003
Número de conexiones-nodos viales por UAE	16092	6295
Longitud de vía asfaltada por UAE	823.354988	324.909995
Número de gasolineras por UAE	0	0
Número de farolas/iluminarias por UAE	3973	2035
Número de abonados electricidad por UAE	14938	7488
Número de abonados electricidad residenciales por UAE	11080	5438
Número de abonados electricidad industriales por UAE	158	83
Número de abonados electricidad comerciales por UAE	782	480
Número de abonados electricidad otros por UAE	2918	1487
Número de postes para cableado por UAE	14659	7248
Longitud de tubería de alcantarillado ( $km^2$ )	228.339999	173.674999
Longitud de tubería de agua potable por UAE	400.935001	209.965
Número de abonados de agua potable por UAE	19592	7908
Longitud de cableado de telecomunicaciones	336.240002	226.705002
Número de antenas de telefonía celular por UAE	18	3
Número de accidentes de tráfico por UAE	3664	2076

Continúa en la siguiente página...

Descripción	ValorT	ValorH
Número de delitos por UAE	590	304
Número de UPCs (Policia) por UAE	0	0
Número de LUAES por UAE	300	205
Número total de centros de producción servicio y venta de alimentación y bebida por UAE	325	226
Centros dedicados a la producción de alimentos y bebidas por UAE	31	22
Centros dedicados a la elaboración de alimentos y bebidas por UAE	22	16
Centros dedicados a la venta al por mayor de alimentos y bebidas por UAE	1	1
Centros dedicados a la venta al por menor de alimentos y bebidas por UAE	135	84
Centros dedicados a la venta al por mayor y menor de alimentos y bebidas por UAE	8	8
Locales dedicados al servicio de alimentos y bebidas (hosteleria) por UAE	128	95
Número de farmacias por UAE	4	3
Número de centros de salud por UAE	6	3
Número de centros educativos por UAE	0	0
Número de puntos activos por UAE	0	0
Número de centros descentralizados por UAE	0	0
Número de cementerios por UAE	3	2
Número de centros 60 y piquitos por UAE	2	0
Número de centros deportivos por UAE	48	31
Numero de personas necesitadas por UAE	11175	4001
Numero de personas necesitadas pendiente de recibir kit por UAE	7914	2914
Número de fallos en infraestructuras y elementos estructurales de edificaciones por UAE	52	27
Número de incendios forestales por UAE	488	242
Número de movimientos en masa por UAE	311	188
Número de puntos de inundación por UAE	92	60
Numero de puntos críticos de recogida de basura por UAE	10	7
Número de mayores productores por UAE	19	10