



## **APRECIACIÓN HIDROLÓGICA DE LA CONDICIÓN DE DRENAJE PLUVIAL ÁREA DE LA COMUNIDAD EL COQUÍ, BO. AGUIRRE, SALINAS, PUERTO RICO**

Por

*Dr. Carlos Conde Costas*  
Hidrólogo - Ecólogo

Abril 2023

### **INTRODUCCION**

A unos **400** metros al norte de la comunidad **El Coquí, Barrio Aguirre, Municipio de Salinas** se construye la planta de energía solar **CIRO One Salinas** de la compañía **CIRO Energy**. El proyecto ocupa varias parcelas que unidas conforman un área de unas **540** cuerdas ( $2.13 \text{ km}^2$ ) donde al norte de la **PR-53** ocupara un predio de unas **170** cuerdas (*Solar Rovira*), mientras que al sur de dicha vía acapara unas **370** cuerdas seccionadas en tres lotes (**Figura 1**).

Tras las modificaciones realizadas en los predios del proyecto vecinos de la comunidad **El Coquí** han reclamado que la remoción de corteza terrestre, árboles y material vegetativo ha potenciado un incremento en el caudal de escorrentía pluvial y un transporte anormal de las aguas hacia la comunidad. Se entiende que dicha condición potencia y agrava los eventos de inundación que experimenta la comunidad. En aras de verificar el planteamiento, identificar factores potenciadores y plantear medidas de mitigación el **Comité Dialogo Ambiental, Inc.** en representación de la comunidad **El Coquí** solicitó una consulta de peritaje hidrológico.

La apreciación hidrológica de la condición del drenaje pluvial conllevó al examen de publicaciones disponibles y estudios relevantes a la condición hidrológica y de la localidad, incluyendo la revisión de fotos aéreas y mapas pertinentes. La información de referencia se complementó con reconocimientos de campo realizados los días **13** y **25** de marzo de **2023** donde se visitaron localidades de interés en la comunidad **El Coquí**, la correspondiente cuenca hidrográfica y del sistema de drenaje superficial asociado.



**Figura 1-** Ubicación de las parcelas que componen el proyecto de energía solar **CIRO One** y su relación espacial con la comunidad **El Coquí**, Barrio Aguirre, Municipio de Salinas.  
(Foto base: *Google Earth*)

Durante las visitas se realizaron entrevistas a vecinos de la comunidad, quienes describieron y detallaron la magnitud y alcance de los eventos de inundación antes y después de las modificaciones de terreno realizadas. El alcance de las inspecciones estuvo sujeto a limitaciones de acceso a propiedades privadas y a las áreas del proyecto **CIRO One Salinas**.

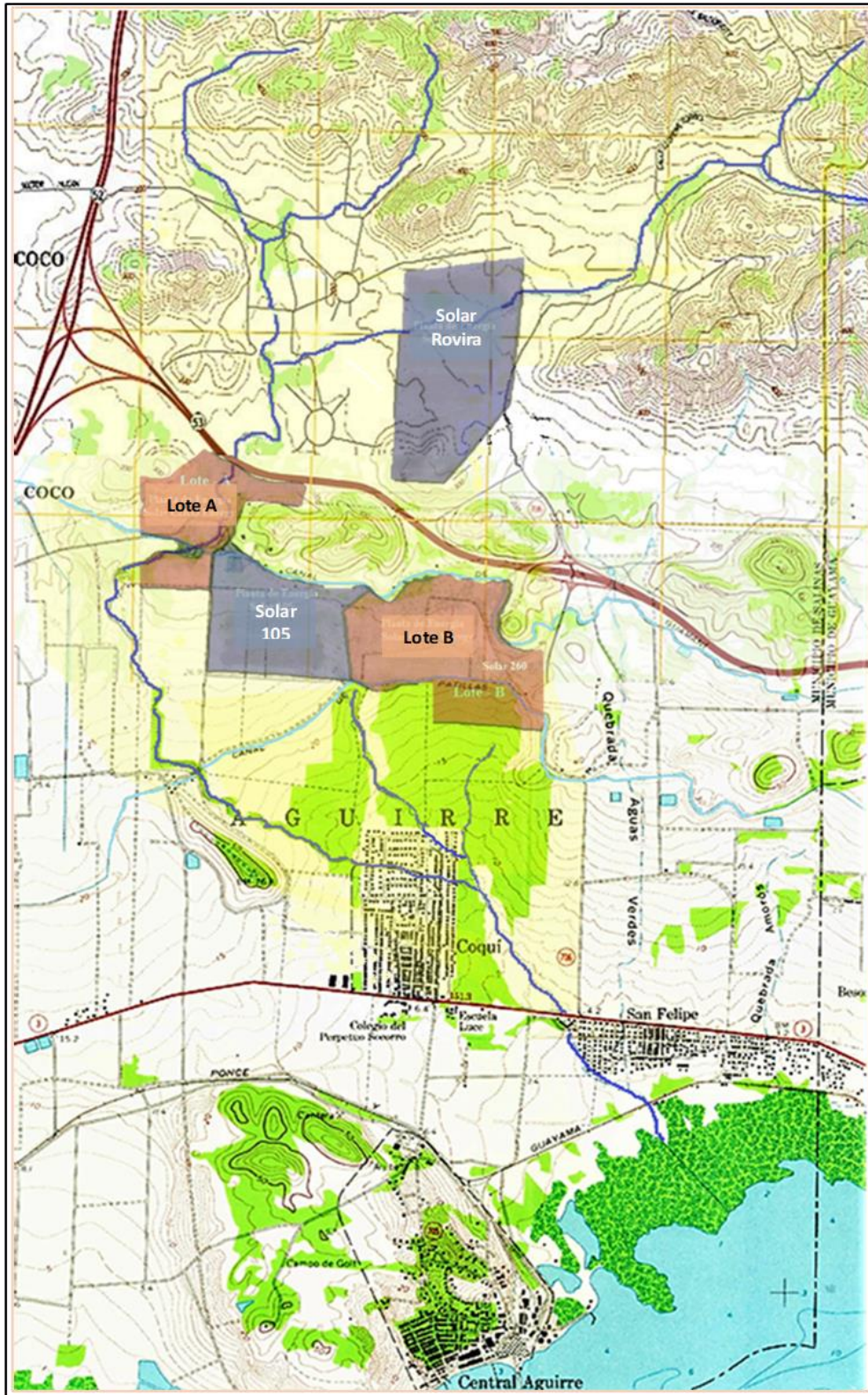
A los fines de apoyar el análisis realizado y fundamentar las conclusiones de la apreciación se inicia proveyendo una descripción del ambiente físico y condición hidrológica de la localidad. Tras dicha exposición se procede a conceptualizar el problema reconociendo elementos potenciadores e influyentes en el surgimiento de la actual dinámica de drenaje pluvial. La apreciación culmina exponiendo comentarios conclusivos y recomendaciones pertinentes para mitigar o subsanar la presente condición.

## DESCRIPCION DEL AREA

El área de estudio exhibe un clima subtropical seco caracterizado por una temperatura media anual de **78.9°F** (26.1°C) y una precipitación promedio anual de unas **39** pulgadas (994 mm). Fisiográficamente los terrenos de interés enclavan sobre depósitos aluviales que componen el llano costero del sur, a una elevación de entre unos **30 y 10** metros (m) sobre el nivel del mar. En los predios del proyecto se reconocen unas **8** series de suelos, predominantemente profundos, de moderada permeabilidad y buena productividad (*Sotomayor Ramírez, 2021*). En el pasado una porción del terreno fue utilizada con fines agrícolas donde tras su abandono la cubierta fue reemplazada por una vegetación silvestre dominada por arbustos.

## Situación Hidrológica

Las localidades de interés sitúan en la cuenca de drenaje de una quebrada de flujo intermitente a ser referida en adelante como **Quebrada Sin Nombre (Figura 2)**, cuya área de captación (sombreada en amarillo) se extiende por unas **3,800** cuerdas ( $15 \text{ km}^2$ ). A tenor con los mapas topográficos, desde su origen en las colinas de la vertiente sur de la **Sierra de Cayey**, el conducto de drenaje se extiende unos **10 km** hasta su desembocadura en el bosque de mangle de la **Reserva Nacional de Investigación Estuarina de Bahía de Jobos**. Al sur de la **PR-53** la cuenca es atravesada por los canales de riego **Guamaní** y **Patillas**, que discurre por la frontera sur del proyecto.



**Figura 2** - Localización geográfica de las áreas de interés y su relación con la cuenca y sistema de drenaje de la **Quebrada Sin Nombre**.  
 (Cuadrángulos topográficos de *Central Aguirre* y *Cayey USGS*).

Todas las cuencas presentan un ciclo hidrológico cuya dinámica y equilibrio se ajusta a variaciones climáticas y cambios en el uso del terreno. En términos generales el transporte de la precipitación (fuente primaria de agua fresca para los ecosistemas terrestres) se fracciona dentro de áreas de captación definidas por los puntos de mayor altura y sigue un gradiente de elevación drenando a un sistema de canales receptores que conectan a un cauce principal por donde las aguas son descargadas típicamente al mar.

Una parte sustancial de la lluvia que cae sobre el terreno retorna a la atmósfera por la **evapotranspiración**. La magnitud del proceso responde a variables tales como la temperatura atmosférica, humedad del terreno y la cubierta vegetal. Debido a que la capacidad para absorber energía es dependiente del tamaño de las plantas, densidad del follaje y área superficial de hojas un cambio en la comunidad vegetal tendrá impacto en la razón de evapotranspiración del predio.

Las aguas residuales se infiltran al subsuelo recargando el **acuífero aluvial** que se encuentran en la zona bajo condiciones artesianas (USGS, Reporte 87-41600). Cuando la intensidad de la precipitación excede la tasa de infiltración se genera la **escorrentía**, volumen de agua que drena superficialmente. En el llano costero del sur la evapotranspiración anual excede el volumen del agua que aporta la precipitación, condición que limita la escorrentía pluvial en aguaceros de poca duración.

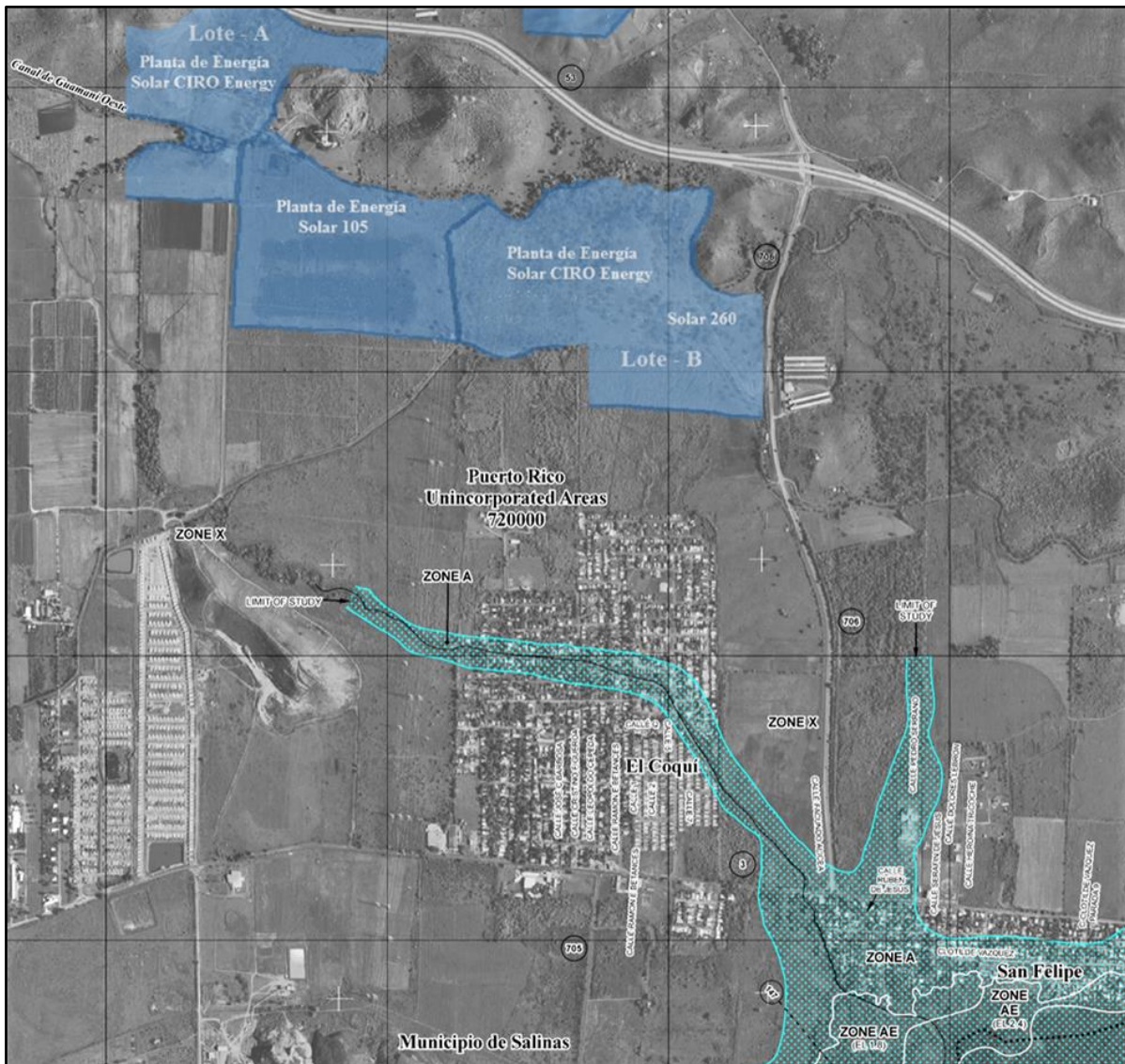
En la localidad de estudio una porción del segmento terminal de la **Quebrada Sin Nombre**, conocido como la **Joya del Coquí**, entra a la comunidad **El Coquí** por el oeste y discurre por unos **1,200 m** a través de la misma saliendo por la frontera sureste donde recorre unos **500 m** hasta su encuentro con el “**culvert**” (alcantarilla) de la **PR-3** que permite su paso por debajo del misma (**Figura 3**). Gradiente abajo del proyecto **CIRO One** la escorrentía generada es recolectada por ramales naturales de drenaje que discurren hasta la frontera norte de la comunidad. A partir de esta franja de encuentro una porción del flujo entra al alcantarillado pluvial que conecta a la quebrada o es dirigido a un canal que discurre por unos **2,000 m** en dirección sur paralelo a la frontera este de la vecindad hasta conectar al cauce de la quebrada. El referido canal es adyacente al proyecto de energía solar **Horizon Energy LLC** que ocupa un área de unas **55** cuerdas y cuyo drenaje pluvial descarga al mismo.



**Figura 3** - Relación del cauce de la **Quebrada Sin Nombre** con la comunidad **El Coquí** y las parcelas del proyecto de energía solar **CIRO One**, Barrio Aguirre, Municipio de Salinas.  
(Foto base: *Google Earth*)

## CONCEPTUALIZACION DEL PROBLEMA

Se reconoce que bajo eventos de lluvia mayores la comunidad experimenta desbordamientos en la sección del cauce que discurre a través de esta. Para el trayecto la **Agencia Federal para el Manejo de Emergencias (FEMA)** ha generado un mapa (**Figura 4**) que registra los niveles de inundación para el evento de lluvia de **24** horas con frecuencia de **100** años. El impacto del desborde se puede extender hasta unos **150** m de los bancos.



**Figura 4** – Detalle del mapa de inundación generado por la **Agencia Federal para el Manejo de Emergencias** para la sección de cauce que discurre a través de la comunidad **El Coquí**. (Mapa FEMA # 72000C2105J, Noviembre 2008).

Como agravante los disturbios tropicales (vaguadas y huracanes) que periódicamente ocurren inducen lluvias que resultan en escorrentías extraordinarias. Como recientemente ocurrió con el huracán **FIONA** que tocó tierra el **18** de **septiembre** de **2022** vertiendo en la localidad unas **17** plg de lluvia que resultaron en un evento de inundación catastrófica.

Lo cierto es que en su paso por la comunidad el canal pasa por debajo de **4** puentes que constituyen controles hidráulicos que permiten la retención y acumulación de escombros y desechos vegetales (*ver fotos*). El resultante taponamiento represa las aguas induciendo retroflujos que incrementan los niveles de inundación. Como factor contribuyente tras su salida de la vecindad a unos **500** m gradiente abajo su encuentro con el “**culvert**” de la **PR-3** potencia aún más el impacto de retroflujos en los eventos de inundación.

No obstante, la precaria condición del cauce de la quebrada en su paso por la comunidad, los residentes manifiestan que tras la alteración de terrenos de cuenca realizada por **CIRO One Salinas** se ha potenciado la magnitud del caudal y la rapidez del transporte de la escorrentía que se recibe desde el norte, así como también la frecuencia y alcance de los eventos de inundación.

Considerando los fundamentos tratados sobre la dinámica y relación de los elementos y procesos del ciclo hidrológico es razonable plantear que los cambios realizados a la condición previa del terreno donde ubica el proyecto de energía solar tienen el potencial de modificar procesos como la evapotranspiración e infiltración y por consiguiente el volumen escorrentía. A continuación, se proponen y discuten los elementos que se entiende potenciaron el surgimiento de la problemática actual.

- **Sobre la Declaración de Impacto Ambiental (DIA-2012-AAE-19).**

El documento requerido constituye una pieza central en el proceso evaluativo y decisorio y permite la toma de decisiones bien fundamentadas. Por ser de interés al estado proteger y conservar los recursos y bienes naturales se espera la identificación, inclusión y consideración de **sistemas naturales** asociados (colindantes o cercanos). No obstante, en su acercamiento hidrológico la **DIA** sometida **no** menciona ni incluye la **Quebrada Sin Nombre**, aun cuando al norte de la **PR-53** su cauce atraviesa unos **600 m** del predio correspondiente al **Solar Rovira** mientras que al sur de la referida vía discurre unos **500 m** por el **Lote A** y otros **500 m** por la colindancia oeste del predio (**Figura 3**).



Por otra parte, se afirma equivocadamente que en la zona no se encuentran **cuevas** ni **acuíferos**. Lo cierto es que a menos de **1 km** al suroeste de los predios en el **Cerro Sabater** ubica un ejemplar del recurso cueva, originada en el afloramiento de calizas cretáceas de la **Formación Coamo**, mientras que bajo los terrenos de valle se encuentra un acuífero aluvial cuyas aguas son una importante fuente de abasto. De hecho, tampoco menciona que a unos **200 m** al sur de la intersección del **Canal Guamaní** con la **PR-706** y a unos **35 m** al oeste de la vía aflora un manantial cuyas aguas se empozan formando una charca conocida por los vecinos como el **Laguito de Sabater**.

La sola consideración del canal **Guamaní** y **Patillas** en la evaluación de impacto hidrológico le resta amplitud y profundidad analítica al proceso evaluativo lo que impide afirmar que la acción propuesta no habrá de afectar de ninguna manera algún cuerpo de agua. Las medidas de mitigación solo consideran proteger las aguas del canal de los sedimentos provenientes de los proyectos mediante una franja de amortiguamiento (pacas de heno). Lo cierto es que dichos canales tienen una capacidad de almacenaje limitada y su desborde está sujeto a interrupciones y retro flujos por acumulación de escombros en diversas áreas. La medida de mitigación no evitará que se percole agua con sedimentos durante inundaciones masivas. Lo cierto es que tanto para el evento de inundación del **5 de noviembre de 2022** como para el evento de precipitación del **7 de abril de 2023** el flujo de escorrentía que llegó a la comunidad desde el norte transportaba gran concentración de sedimentos que se entiende provienen de los terrenos del proyecto.

- **Sobre la Ausencia de un Estudio Hidrológico - Hidráulico.**

Todo cambio mayor en el uso de terrenos de una cuenca puede alterar significativamente la dinámica del drenaje superficial, reconociendo que la extensión del desarrollo resulta determinante. Ante el cambio en la cubierta vegetal y la alteración de suelos es razonable proponer que la evapotranspiración e infiltración en las áreas de proyecto han respondido a las modificaciones realizadas repercutiendo en la magnitud de la escorrentía y rapidez de su desplazamiento. Aun cuando se alega que por estar los paneles solares elevados sobre el terreno no se impide la infiltración, el drenaje de las aguas vertidas por las planchas a cunetas paralelas a los viales de la planta fotovoltaica no favorece una retención y dispersión adecuada del agua de lluvia conllevando una merma en el caudal de infiltración.

Un estudio **Hidrológico-Hidráulico (H/H)** es la herramienta indicada para evaluar la dinámica y comportamiento del drenaje bajo la condición de terreno propuesta, en particular la magnitud del flujo que discurre por la quebrada bajo el evento de lluvia de **24** horas con intervalo de recurrencia de **100** años (probabilidad de ocurrencia anual de 1 %). La estimación del flujo descargado por la **Quebrada Sin Nombre** es función del área de captación y requiere la determinación de parámetros tales como la rapidez con que responde la cuenca y el volumen de agua que se pierde por infiltración en función del uso y modificación del terreno.

Con dicho estudio se permite conocer los niveles de agua en secciones determinadas del cauce, determinar el alcance de las aguas de remanso (backwaters) generadas por los controles hidráulicos y por ende una aproximación del área de inundación. La ausencia de un estudio **H/H** impidió establecer el impacto de los proyectos al sistema de drenaje particularmente en el comportamiento del flujo en su paso por la comunidad. Tampoco favoreció la implantación de medidas de mitigación acertadas, entre ellas la construcción de charcas de retención para retrasar y regular las descargas al sistema de canales de drenaje.

A manera de ejemplo se indica que en **marzo** de **2006** la compañía **Salinas Development** proponía un desarrollo residencial en el área del **Cerro Sabater**, a unos **500** m al oeste de la comunidad. Según requerido el proponente sometió un estudio un **H/H** para los eventos con periodo de retorno de **2** y **100** años que permitió evaluar la dinámica y comportamiento del drenaje bajo la condición propuesta. Tras determinar que la acción resultaría en la inundación de puentes se consideró como medida de mitigación la construcción de estructuras de detención.

### **COMENTARIOS FINALES**

A tenor con la apreciación realizada se concluye que la ausencia de información hidrológica relevante impidió reconocer el impacto real del uso de terreno en cuestión. El documento de evaluación ambiental sometido no favoreció un proceso evaluativo y decisional bien fundamentado, careciendo de determinaciones esenciales para dilucidar el potencial cambio en el volumen de escorrentía y su efecto sobre la **Quebrada Sin Nombre** tras su paso por las inmediaciones de la comunidad **El Coquí**. En otras palabras, se ignoró por completo el impacto que sobre la comunidad causaría un predecible cambio en la dinámica de la escorrentía pluvial.

Aceptando que el uso de terreno actual potencia cambios significativos tal omisión no permitió la consideración de medidas correctivas aceptables y eficaces. Se resalta el hecho de que las contenciones implantadas no han evitado el transporte excesivo de sedimentos en las aguas que recibe el cauce de la quebrada y que descargan al estuario de la **Reserva Nacional de Bahía de Jobos**, poniendo en precario la salud y bienestar del ecosistema (ver *Figura 2*).

Los terrenos del proyecto **CIRO One Salinas** ocupan un **15 %** de la cuenca y son participe de la regulación y dinámica del sistema de drenaje pluvial asociado. El que una porción del cauce de la **Quebrada Sin Nombre** interacciona directamente con el predio colindante a la **PR-53 (Lote A) (Figura 3)** advierte un trastoque a la condición del drenaje gradiente abajo del mismo. Reconociendo el potencial de las modificaciones para alterar procesos y componentes del ciclo hidrológico y la precaria condición del sistema de drenaje en el área de la comunidad **El Coquí** resulta mandatorio procurar las determinaciones hidrológicas-hidráulicas omitidas.

La problemática actual que enfrenta la comunidad **El Coquí** conlleva una seria perturbación a la calidad de vida de los residentes por lo que es menester reevaluar a fondo el impacto hidrológico atribuible al proyecto **CIRO One Salinas**. Mas aun cuando el grupo de peritos que componen el **Comité del Cambio Climático en Puerto Rico** indican que en los próximos años se experimentara mayor frecuencia y gravedad de los eventos de tormentas. Lo cierto es que la reglamentación de **Áreas Especiales de Riesgo a Inundación** reconoce que en caso de duda razonable tanto la **Junta de Planificación** como la **Oficina de Gerencia de Permisos** y la comunidad participante pueden exigir estudios adicionales en áreas de riesgo a inundación cuando exista o se anticipe alguna condición no prevista que pueda constituir una amenaza a la vida, propiedades y la seguridad pública de los vecinos.

### **Tierra Linda Consultores**

Condominio Segovia, Apartamento 208, San Juan, Puerto Rico, 00918  
(787) 772-9253; 228-2558; condecostas@yahoo.com



## **REFERENCIAS DE INTERES**

- Potentiometric surface of the alluvial aquifer and hydrology conditions in the Central Aguirre Quadrangle, PR. March 1986. U.S, Geological Survey Water-Resources Report 67-3162 C.
- Hydrologic-Hydraulic Study Salinas Development, Salinas PR. Marzo 2006. Informe de Osvaldo Rivera & Assoc.
- Declaración de Impacto Ambiental Planta de Energía Solar Ciro Energy (DIA-2012-AAE-19), Octubre 2012.
- Impacto de proyecto fotovoltaico CIRO-One Salinas, LLC sobre los suelos y la agricultura de la zona. Mayo 2021. Informe del Dr. David Sotomayor Ramírez.
- Water Resources of Puerto Rico - Ferdinand Quiñonez Márquez, Brentwood, TN 37024. url- <http://www.recursosaguapuertorico.com>

## **Tierra Linda Consultores**

*Condominio Segovia, Apartamento 208, San Juan, Puerto Rico, 00918  
(787) 772-9253; 228-2558; condecostas@yahoo.com*





# Fotos



**Foto 1** – Vista en dirección sur de la porción de cuenca de la **Quebrada Sin Nombre** correspondiente al valle aluvial donde ubica la comunidad **El Coquí** (al fondo) y los terrenos al norte donde ubica el proyecto de energía solar **CIRO One Salinas**.



**Foto 2** – Vista en dirección oeste de las parcelas de proyecto Solar **260** y al fondo el **Solar 105**. Nótese la remoción de la cubierta vegetal y la resultante alteración de suelos.



**Foto 3** – Vista en dirección este de los paneles solares ubicados en la parcela **Solar 105**.  
Nótese bajo estos lo ralo de la cubierta vegetal.



**Foto 4** - Vista del afloramiento de aguas subterráneas conocido como el **Laguito de Sabater**,  
a unos **200 m** al sur de la intersección del **Canal Guamaní** con la **PR-706**.



**Foto 5** – Vista en dirección oeste del **Canal Guamaní** colindante con la frontera sur de los predios del proyecto Nótense las limitadas dimensiones del canal,



**Foto 6** – Detalle de una reja de retención de escombros en el **Canal Guamaní**, Control hidráulico responsable de retroflujos.



**Foto 7** – Vista en dirección norte del cauce de la **Quebrada Sin Nombre** previo a su paso bajo el puente de la **PR-53**.



**Foto 8** – Vista en dirección este del cauce de la **Quebrada Sin Nombre** a su paso por la comunidad **El Coquí**. Nótense la precaria condición del canal.





**Foto 9** – Detalle del puente en la frontera este de la comunidad **El Coquí**. Nótese los entorpecimientos de la estructura al libre fluir de las aguas.



**Foto 10** – Vista en dirección sur del canal de las quebradas tras su paso por la comunidad **El Coquí**.



**Foto 11** – Vista del cauce de la quebrada a su salida del tramo bajo la **PR-3**. Nótese los entorpecimientos de la estructura al libre fluir de las aguas.



**Foto 12** – Acumulación de escombros vegetales en puente de la comunidad **El Coquí**, según transportados por la corriente.



**Foto 13** – Vista del flujo transportado por la quebrada a su paso por la comunidad **El Coquí** tras el evento de precipitación del **7 de abril de 2023** Foto provista por **Adrián Rodríguez**.  
Nótese la carga de sedimentos.



**Foto 14** – Vista del impacto causado por un evento de inundación en las calles de la comunidad **El Coquí**. Nótese la carga de sedimentos transportada por las aguas.