

SITUACIÓN GEOLÓGICA EN TORNO AL VERTEDERO MUNICIPAL DE YAUCO

Fuente: USGS CUADRANGULO DE YAUCO
AND PTA. VERRACO

Escala: 1:20,000

DEPÓSITOS RECIENTES

QA

FORMACION JUANA DIAZ

TJL

TJD

Figura Núm. 1

extremo sur-oeste del área de captación y drenaje que define la cuenca del Río Yauco. y el Río Loco. Más importante aún, la facilidad se encuentra aislada y sin relación hidrológica directa o indirectamente con los existentes lagos de reserva, canales de irrigación o con los túneles de desvío que conectan el Lago Luchetty con el Lago Loco. Tampoco cruza o interfiere con los sistemas de distribución de agua potable dotados para servir a esta región. El área de captación del Río Yauco y sus tributarios ha sido dividida en dos áreas de captación, según la División de Recursos de Agua del US Geological Survey; (véase referencia 2), a base de la precipitación promedio registrada durante un largo periodo en las dos áreas. En la zona superior del embalse o área de captación que se extiende desde la Cordillera hasta las inmediaciones de la ciudad de Yauco, se ha registrado una precipitación promedio de unas 67 pulgadas. Mientras que en la región sur de la cuenca, la cual se extiende hasta la costa, la precipitación promedio registrada es de unos 37 pulgadas. Implica lo anterior que la facilidad del Vertedero se encuentra dentro de los márgenes de una zona que se puede clasificar como semi-árida donde los principales periodos de lluvia se concentran durante los meses de mayo a junio y de agosto a octubre. Por lo tanto, la precipitación en esta área se considera menor que el potencial de la evapo-transpiración según los estudios relacionados; Véase Referencias 2 y 5.

Desde un punto de vista topográfico, climatológico y estratigráfico la influencia o relación de la facilidad del vertedero con la hidrografía del valle aluvial, al extremo sur del Río Yauco, es insignificante o ninguna. Esto porque debido a que la topografía local se encuentra confinada entre colinas y montañas de alto relieve donde prevalece una alta o relativamente alta evapo-transpiración y predomina la escasez de escorrentías pluviales, es una superficie áspera, irregular y de naturaleza calcárea. El segundo aspecto de importancia descansa en la situación geo-estructural de las unidades geológicas prevalecientes en el lugar. Las inclinaciones de las margas, arcillas y areniscas calcárea de la Formación Juana Díaz, que

aflora en el lugar, se mantienen con buzamientos o inclinaciones de sobre los 10 grados hacia el sur, sur-este y el sur suroeste. Estas unidades rocosas geológicas de permeabilidad moderada, por su naturaleza clástica, se encuentran inter-estratificadas con lentes de arcillas puras y expansivas que sólo facilitan para la infiltración hacia niveles de poca profundidad pero no facilitan la transmisibilidad de la humedad hacia horizontes geológicos inferiores.

La cuenca y sistema de drenaje del Río Loco es mas limitado en extensión al compararlo con el del Río Yauco, su cauce principal y tributarios se encuentra prácticamente distante al Vertedero como lo está este último. Ambos sistemas hidrológicos se encuentran interrumpidos o interceptados por lagos artificiales de retención; Lago Loco y Lago Luchetti, respectivamente. Estos lagos de reserva han afectado significativamente los flujos y los periodos de expansión de las aguas en los extremos inferiores de sus respectivos valles aluviales.

No obstante, pequeñas cabeceras de cauces intermitentes rozan la facilidad tanto por el norte como por el sur. La cabecera de un cauce de drenaje que roza el Vertedero por el norte ha sido intervenida con una charca de retención e interceptación como proyecto remediativo y cautelar contra la migración de líquidos de lixiviación hacia las áreas topográficamente inferiores.

La superficie y trayectoria en que se encuentran y fluyen estos pequeños cauces se encuentran unidades margosas y calcáreas de la Formación Juana Díaz, la cual podemos describir, a base de los análisis de laboratorio y del contacto megascópico con las mismas, como un material principalmente de origen calcáreo, semi-plástico cuando se humedece y granular y friable cuando seco. Los lechos donde se encuentran estos limitados trayectos fluviales contienen además sedimentos finos y fragmentos calizos que se derivan del endurecimiento o litificación irregular de margas y arcillas calcáreas que afloran.

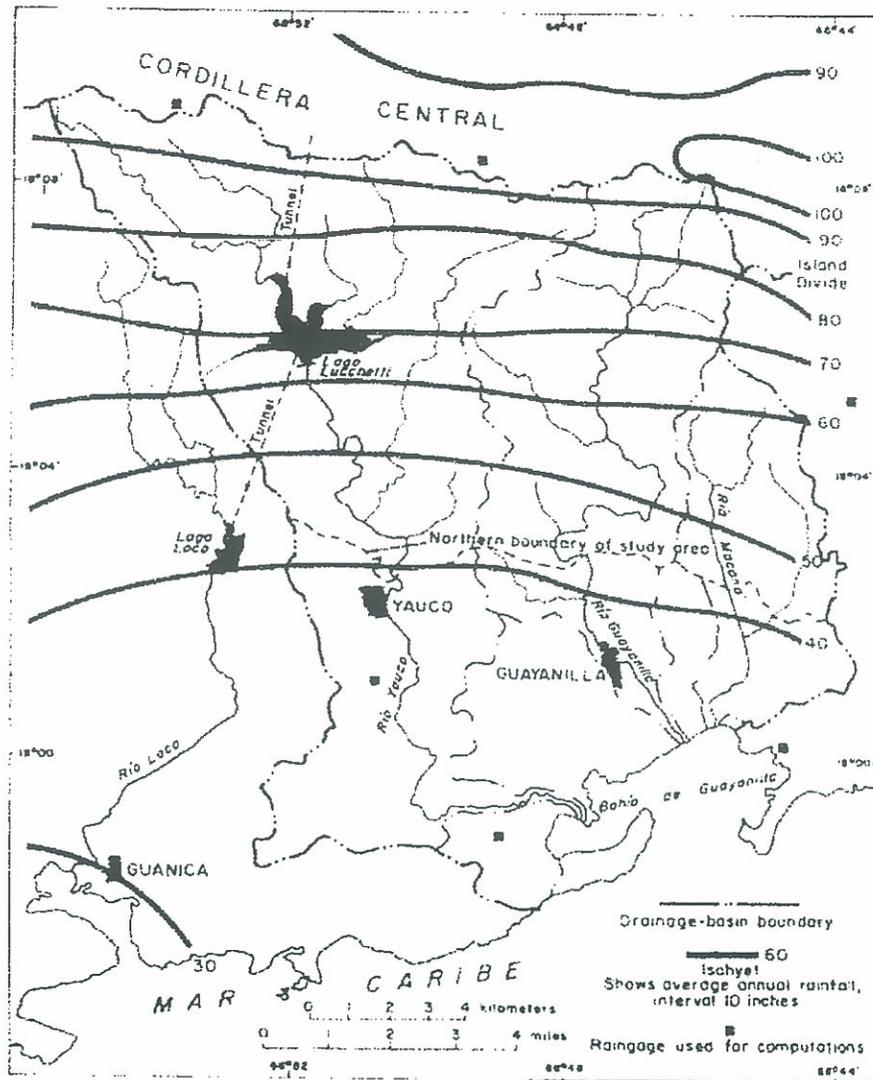
V. DESCRIPCIÓN Y ANÁLISIS DE LA GEOLOGÍA ESTRATIGRÁFICA:

Introducción y Trasfondo del Ambiente Geológico:

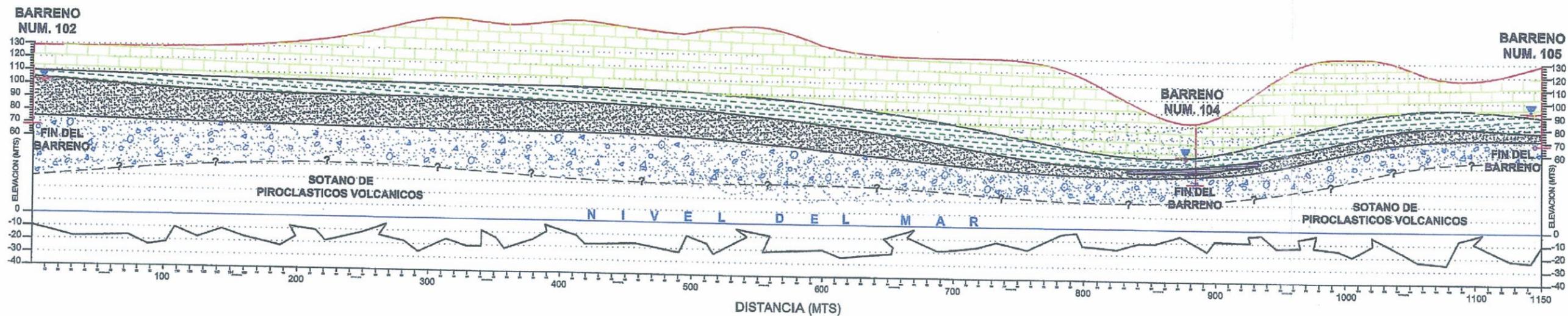
El decifrar y analizar la situación estratigráfica de la Formación Juana Díaz, que prevalece dentro y en el entorno de la facilidad del Vertedero de Yauco, merece por su importancia, el más atinado de los esfuerzos. La geología de la Formación Juana Díaz se considera una de las más intrigantes e interesantes debido a las incógnitas que se presentan en cuanto al ambiente marino en que se desarrollo; a su génesis, y a los distintivos cambios estratigráficos y líticos de los miembros que la componen. La Formación consiste de una combinación de lentes, miembros o unidades de material geológico (rocas), algunas interestratificadas, algunas entrelazadas, (interfingering), consolidadas, y, a veces no tan consolidadas. Todo dependiendo de los episodios prevalecientes tierra adentro y en el ambiente marino donde se formaban y de las presiones a las que fueron posteriormente sometidas. (Véase Figs. Núm. 1, 3 y 4)

La Juana Díaz no es una formación rocosa amplia o extensa superficialmente, pero sus unidades líticas, que fueron acumuladas en una estrecha plataforma marina al sur de Puerto Rico, recibían influjos de sedimentos directamente del mar y desde los altos relieves que existían tierra adentro en un ambiente dinámico que incluyó procesos volcánicos, intensa erosión y sedimentación, procesos diastróficos (procesos que tienden a deformar la corteza terrestre) y también de quietud o pasividad geológica

En la Figuras 3 y 4 se ilustran dos perfiles de la estratigrafía relacionada a la Formación Juana Díaz en torno al Vertedero de Yauco. Las figuras están basadas , principalmente, en la información obtenida de las calas (borings) exploratorias de los pozos de monitoria que fueron hincados dentro y en el entorno a la facilidad y de la interpretación dada a proyecciones de las unidades que la componen. La información utilizada para estructurar el perfil estratigráfico de estas figuras fue también complementada mediante



DISTRIBUCION DE PRECIPITACION Y PROMEDIO ANUAL
REGION DE YAUCO



LEYENDA:

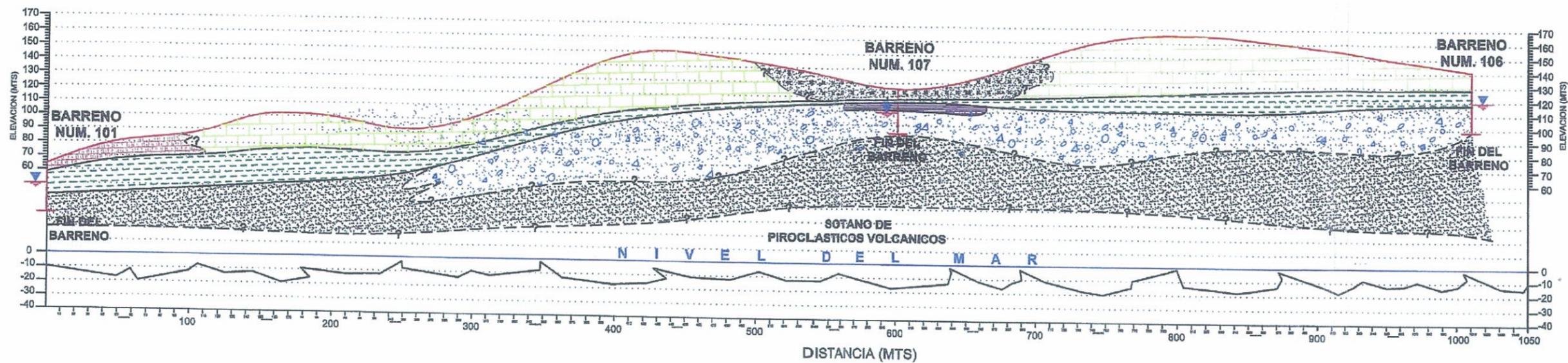
-  = MARGAS CALCAREAS Y CALIZAS
-  = ARCILLA - DENSA - EXPANSIVA
-  = LODOLITA - DENSA - ORGANICA
-  = CONGLOMERADO
-  = LENTE DE CALIZA ALTERADO Y ARCILLA
-  = NIVEL FREATICO

PERFIL ESTRATIGRAFICO

ESCALA HORIZONTAL = 1:3000
 ESCALA VERTICAL = 1:3000



FIGURA NUM. 3



LEYENDA:

-  = MARGAS CALCAREAS Y CALIZAS
-  = ARCILLA - DENSA - EXPANSIVA
-  = LODOLITA - DENSA - ORGANICA
-  = CONGLOMERADO
-  = LENTE DE CALIZA ALTERADO Y ARCILLA
-  = COLLUVIAL
-  = RELLENO Y MATERIAL COLLUVIAL
-  = NIVEL FREATICO

PERFIL ESTRATIGRAFICO

ESCALA HORIZONTAL = 1:3000
 ESCALA VERTICAL = 1:3000



FIGURA NUM. 4

investigaciones de campo, laboratorio y oficina.

En la localidad que nos ocupa, a unos tres (3) kilómetros de la costa sur de Puerto Rico, esta formación geológica se encuentra reducida en su espesor a unos 80 a 100 metros; siendo su espesor natural cercano a los 300 metros. Indicativo de que los detritos que componen la formación fueron depositados entre ensenadas costeras y una plataforma marina que mantenía un declive uniforme hacia mar adentro.

Descansa esta formación sobre antiguos depósitos de detrito volcánico especialmente de rocas volcano-clásticas y componentes de estratos de areniscas, lutitas y lodolitas así como de otras rocas intrusivas que componen la formación Yauco de la edad cretácica superior. Sobre estos detritos acarreados desde el interior se fue edificando la Formación a medida que la actividad volcánica se desvanecía en el Puerto Rico de entonces.

Es preciso mencionar que la misma (Formación Juana Díaz) ha sufrido de movimientos diastróficos que incluye levantamientos diferenciales desde el lecho marino en que fue formada acompañado esto de pliegues y fallas. Por lo tanto, analizado lo anterior mediante un perfil estratigráfico se evidencia una continuidad no uniforme en la posición que ocupan las diferentes unidades que la componen, respecto al nivel del mar, escogido como "datum" o nivel de referencia. Por tal razón es necesaria la ubicación de los pozos de monitoria dentro de un marco capaz de captar las diferentes gradientes hidrológicas que las geo-estructuras resultantes de estos movimientos puedan haber creado.

A continuación procederemos, en el orden de más antigüedad, con las descripciones de estas unidades geológicas en la referida formación rocosa que han sido penetradas durante las exploraciones que la presente investigación nos exige.

a. Conglomerados:

La unidad más antigua y por ende la encontrada a mayor profundidad dentro y a los márgenes de la facilidad del Vertedero, lo es un conglomerado de fragmentos de rocas

antiguas parcial a moderadamente pulidas y redondeadas que indican transportación fluvial y marina. Fragmentos esféricos o semi-esféricos de cascajos rocosos se encuentran también altamente alterados por intemperismo y por los procesos mecánicos que han experimentados en su traslación hacia las antiguas costas.

Esta unidad geológica de la Formación Juana Díaz que se ha definido como un conglomerado en la literatura geológica luce consolidada a semi-consolidada, dependiendo de las variaciones en su componente de sedimentos finos que mantiene y se comporta como ente aglutinador y como composición accesoría. Su espesor no excede, a lo sumo, los 25 metros y la esfericidad de los guijarros y cascajos que lo componen nos indica que fueron transportados mediante fuertes dinámicas fluviales y depositados en las costas cercanas donde fueron luego distribuidos por corrientes y oleaje. Este conglomerado es denso, masivo, si se quiere, y varía entre consolidado a semi-consolidado.

b. Lodolitas:

Sobre el conglomerado descansa una unidad geológica gris obscura que consiste de sedimentos finos, materia orgánica y con fragmentos de conchas que se le han denominado lodolitas (mudstone). Este material aparece entre grados de consolidación que fluctúan entre consolidado a ligeramente consolidado y friable. Su espesor varía entre los 15 y 40 metros. No se encuentran afloramientos de esta unidad en el lugar del Vertedero de Yauco. No trae a la mente la imagen de una costa tranquila con abundante vegetación de mangles, lagunas y costas protegidas que facilitaban la acumulación de abundante materia orgánica y los despojos de la vida marina abundante que en ellos proliferaban.

La lodolita de la Juana Díaz tiene las características de sufrir rápida dilatación al exponerse en agua lo que implica que tiende a deformarse y cambiar en volumen cuando está expuesta a los elementos. Se considera bastante impermeable debido a su

composición granulométrica, densidad y uniformidad. Lentes e inclusiones arcillosas miembros del grupo de montmorilonitas se encuentran inter-estratificados en esta unidad lo que le imparte impermeabilidad adicional.

c. Arcillas:

Sobre la capa o estrato de lodolitas se encontró una capa de arcillas puras (heavy clay or claypan) densa, plástica y relativamente impermeable con características a las arcillas montmorilonitas. Podemos imaginarnos que durante el periodo en que se acumularon estos sedimentos en las llanas costas sureñas, la actividad volcánica había cesado por completo la vegetación era profusa y los ríos transportadores de sedimentos finos y minerales, producto de un activo intemperismo y erosión de las antiguas cenizas y detritos volcánicos, ya intemperizados eran trasladados rápidamente a medida que la erosión denudaba los profundos horizontes de suelos que se habían generado. Similares depósitos de estas arcillas puras se encuentran en forma residual tierra adentro sobre antiguos depósitos de formaciones rocosas que han sufrido intensas alteraciones hidrotermales e intemperismo. Se caracterizan por su composición química (Na.0 33, Al.167, Mg 0.33, Si.4 010 (OH)₂; calidad y cambios extremos de dilatación y expansión al exponerse a humedad excesiva. Resulta de gran interés en este análisis de la estratigrafía local, la presencia de estas arcillas toda vez que esta unidad de unos 15 a 30 metros de espesor, constituye una barrera para la infiltración y transmisión del agua a planos inferiores del horizonte geológico existente y anteriormente descrito.

Es preciso notar y señalar que la presencia de agua subterránea se detiene sobre este horizonte arcilloso el cual se comporta como una unidad excluyente al paso del agua (aquicluda).

Por encontrarse sobre este horizonte arcilloso la primera y única condición acuífera,

localmente, dentro de la formación Juana Díaz se han de establecer en el mismo los pozos de monitoria requeridos en el manejo y supervisión de la calidad de estas aguas. Aunque la formación Juana Díaz no alberga ningún acuífero confiable y de calidad (Referencia 2 y 6), y menos en esta región al sur del Municipio de Yauco; es en estas escasas ocurrencias de agua subterránea, los que se presta para la verificación y monitoreo reglamentario de la posible migración de lixiviados contaminantes desde el seno de las operaciones.

d. Calizas y Margas Calcáreas:

Se nos presenta ahora discutir la última, la más expuesta y utilizable unidad de la Juana Díaz que aflora extensamente en estos predios. Consiste la misma en una relativamente amplia y gruesa cubierta de margas, y arcillas limosas y calcáreas, así, como estratos y lentes de rocas calizas de la edad Terciaria Superior. Se incorporan e incluyen en esta unidad la acumulación y generación de abundante material calcáreo proveniente de la fauna marina que habitaba en el lecho y también flotaba en los mares de poca profundidad que bordeaban estas costas sureñas.

Excepto por las exposiciones de calizas recristalizadas que forman un carapacho de alta dureza en la superficie y, los lentes de calizas puras inter-estratificadas en esta unidad, gran parte de la misma consiste de material calcáreo pobremente consolidado que ha sido clasificado como margas calcáreas, caliche o caliza intemperizada.

Este horizonte calcáreo que puede variar en espesor entre unos 20 metros en zonas erosionadas hasta unos 100 metros, es tal vez el material de más prominencia e importancia en todo el engranaje que constituye la operación del vertedero municipal de Yauco. La presencia de estas abundantes margas calizas y sus lentes de arcillas puras no sólo facilitan el excelente material de cubierta sino que también aporta, por la geoquímica de sus minerales, a neutralizar efectivamente el posible efecto nocivo que los líquidos de lixiviados

podiesen generar. Sobre lo anterior abundamos más adelante a base de experimentos que hemos tomado la iniciativa de realizar con estos elementos con el determinado fin de llevar al grado de excelencia las operaciones y mayordomía de estas facilidades.

VI. CONSIDERACIONES HIDROLÓGICAS E HIDROGEOLÓGICAS:

Previo a la presentación y discusión de los resultados de las investigaciones geotécnicas y geo-químicas, como resultado de nuestra iniciativa en determinar las bondades físico-químicas del material geológico que aflora en el lugar, es también indispensable discutir algunos aspectos relevantes a su situación hidrológica prevaeciente aunque estas consideraciones hidrogeológicas e hidráulicas serán objeto de análisis mas certeros en la correspondiente sección más adelante. Veamos algunos factores y aspectos pertinentes a la hidrología y la ubicación y operación de la facilidad.

a) La precipitación anual de la región dentro de la cual se ubica el Vertedero fluctúa entre 30 a 45 pulgadas anuales. Para el sur de Yauco el promedio anual es de unas 36 pulgadas.

b) La evapotranspiración se ha determinado en el rango de las 40 pulgadas por lo que la evapotranspiración excede, durante gran parte del año la precipitación (Referencia Núm.2).

c) Según las investigaciones del subsuelo, realizadas dentro y en la periferia del área de emplazamiento del vertedero, los niveles freáticos encontrados son tenues y de limitada extensión. Lo que coincide con similares hallazgos realizados en la Formación Juana Díaz donde por lo general no se ha podido desarrollar, en forma confiable, recursos de agua subterránea. El agua disponible es limitada lo que ocurre por lo general en horizontes "perchados" y cuya calidad cae dentro de lo salobre. Los perfiles ilustrando la ubicación de niveles freáticos dentro y en la periferia del área ocupada por el vertedero es de sumo interés, según se presenta en las figuras número 3 y 4, a base de las exploraciones llevadas a cabo.

d) No existe en el lugar una tabla de agua o nivel frático fluctuante capaz de venir en contacto con el depósito.

e) No existen vertientes o flujos superficiales con descargas hacia las áreas de depósito que componen el Vertedero, capaces de mantener un estado de saturación y flujos perennes de lixiviados.

f) La escases de humedad, dentro de las áreas o celdas que se trabajan, precluye una acelerada descomposición de los desperdicios y la generación excesiva de bióxido de carbono responsable por la degradación de agua subterránea a distancia.

g) No existen pozos de agua ubicados dentro de un radio de tres mil (3,000 pies) del Vertedero. Tampoco existen cauces de flujos perennes dentro del referido radio. La situación estratigráfica de la formación geológica donde existen estratos de arcillas densas que inhiben el libre flujo hacia los horizontes geológicos inferiores.

Por lo anterior se puede sostener que la facilidad que comprende el Vertedero Regional de Yauco se encuentra en un lugar bastante aislado, analizado desde el factor hidrológico, lo que lo convierte en uno de los lugares más idóneos, tanto del punto de vista ambiental como también para la requerida operación y mayordomía efectiva que requiere contener la migración de líquidos hacia cuerpos de agua y ecosistemas sensitivos.

En todo caso todos los factores físico-ambientales existentes y favorables de complementan y el aspecto operacional grandemente se beneficia.