

Universidad de Costa Rica
Escuela Centroamericana de Geología
Vicerrectoría de Acción Social

Informe 2010

“Caracterización hidrogeológica de la zona oeste del cantón de Siquirres y evaluación del riesgo a la contaminación del recurso hídrico por plaguicidas, ED- 2358

CO-33 (CONARE)

Responsable:
M.Sc. Ingrid Vargas Azofeifa, UCR

18 de enero, 2011

Escuela Centroamericana de Geología
Universidad de Costa Rica

17 de enero, 2011

Señores:
Comisión de Acción Social
Escuela Centroamericana de Geología

Estimados (as) compañeros(as):

Adjunto el informe anual del 2010, del proyecto titulado “Caracterización hidrogeológica de la zona oeste del cantón de Siquirres y evaluación del riesgo a la contaminación del recurso hídrico por plaguicidas, ED-2358.

Es importante indicar que este informe se realizó con el apoyo del CONARE.

Quedo en la mejor disposición de aclarar cualquier consulta e inquietud al respecto,

Atentamente,

Ingrid Vargas Azofeifa
Coordinadora

CC/ Archivo

I. Información general del proyecto:

1) Nombre: “Caracterización hidrogeológica de la zona oeste del cantón de Siquirres y evaluación del riesgo a la contaminación del recurso hídrico por plaguicidas”, ED-2358 (CO-33)

2) Vigencia del proyecto: 01/01/2009 al 31/12/2009
Informe del período: 1/01/2010 al 29/07/2010

3) Area regional de impacto:

Durante el primer semestre del año se trabajó en la zona de La Perla, Guácimo, en la finca de Tico Verde la cual tiene un área de 171,5 ha, debido a que la Escuela Centroamericana de Geología recibió una solicitud por parte de la Sala Constitucional de determinar si existe contaminación o no en una zona cultivada en con piña en el sitio mencionado (ver Anexo A). Ante esta solicitud, todas las actividades se dirigieron a la realización de un estudio que involucró trabajo de campo y análisis de laboratorio tanto de aguas como de suelos para identificar si en la zona había residuos de plaguicidas. Considerando que para efectos legales los laboratorios en donde se realizan los análisis deben estar debidamente acreditados, se contactó al Centro de Investigaciones en Contaminación Ambiental (CICA) para que realizaran los análisis en el Laboratorio de Plaguicidas de este centro de investigaciones, ya que el Instituto Regional de Estudios en Sustancias Tóxicas (IRET), la contraparte de este proyecto ante el CONARE, aunque tiene equipo, personal y experiencia en este tipo de análisis, no se encuentra acreditado.

Se realizó una charla a los grupos organizados de las comunidades de Villa Franca y Carambola, localizadas al norte de de Guácimo el 17 de noviembre del 2010 en el salón multiusos de Villa Franca. El objetivo de la actividad fue dar a conocer los avances del proyecto en esa zona, las personas participantes se mostraron muy interesadas en el proyecto y solicitaron apoyo para realizar análisis de aguas de pozos y ríos de la zona, así como para brindar más charlas a las comunidades.

El área de impacto es la ambiental. A partir de la caracterización del recurso hídrico en sitios seleccionados en la zona atlántica y la delimitación de zonas cultivadas con piña, se brindan insumos para la planificación del territorio, así como para la implementación de medidas de protección y prevención de la contaminación del agua superficial y subterránea, lo que incidiría directamente en la calidad de vida de las personas de la región.

4) Universidades participantes: Universidad de Costa Rica y Universidad Nacional

5) Ejes temáticos: medio ambiente

6) Académicos participantes: M.Sc. Ingrid Vargas, Escuela Centroamericana de Geología, Universidad de Costa Rica. M.Sc. Clemens Ruepert, Instituto Regional de Estudios en Sustancias Toxicas, IRET de la UNA.

II. Resultados

A. Impacto regional

1. Logros

Las principales actividades y logros alcanzados se comparan con los objetivos y metas propuestas y se resumen en el Cuadro # 1.

Tal y como se observa en el Cuadro #1 se realizó una caracterización de la zona al sur de la comunidad de La Perla en Guácimo, además se realizó una capacitación a miembros de las comunidades de Villa Franca y Carambola de Guácimo.

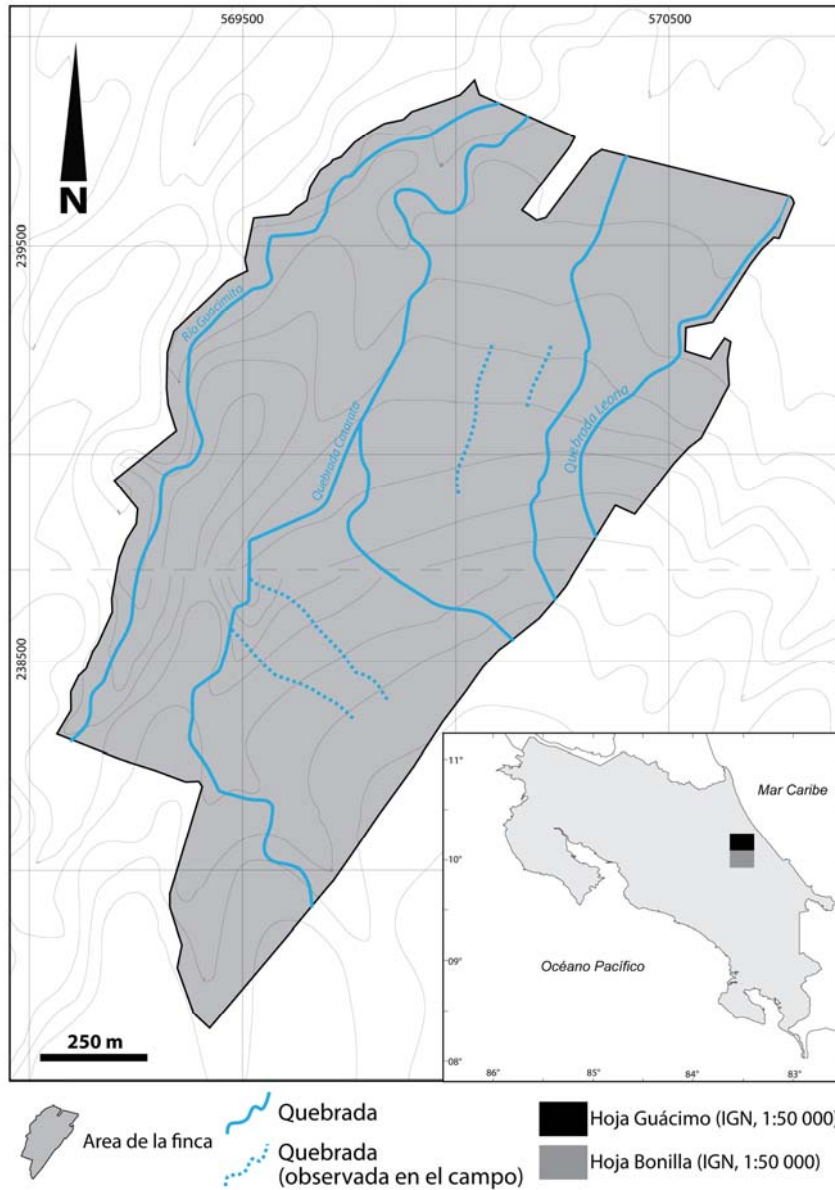
Se amplió el conocimiento de las condiciones hidrogeológicas y del comportamiento de los plaguicidas en el agua y suelos en la finca Tico Verde en La Perla, al sur de Guácimo. La zona de estudio se muestra en la Fig. 1. El área tiene pendientes del 11% en promedio y considerando que el cultivo de la piña requiere que en el suelo no exista ninguna otra planta, el suelo descubierto y las altas pendientes favorecen la erosión del suelo debido al arrastre de sedimentos hacia las quebradas y zonas más planas.

Las actividades realizadas comprenden tanto de campo como de laboratorio para el análisis de las muestras de suelo y agua de la zona.

Se recorrió el terreno para buscar manantiales y se visitaron algunos sitios para identificar las rocas existentes en la zona, además se realizaron cinco pruebas de infiltración utilizando el método de Porchet para determinar la capacidad de infiltración del agua en el suelo y se recolectaron tres muestras de suelo en zonas representativas para realizar análisis físico-mecánicos de los suelos en la finca.

El Centro de Investigaciones en Contaminación Ambiental CICA, de la Universidad de Costa Rica realizó una donación parcial de los análisis de laboratorio para la determinación de plaguicidas en suelos y aguas, y sin esta colaboración este estudio no se hubiera logrado realizar debido a los costos elevados de los reactivos de laboratorio para los análisis de plaguicidas en aguas y en suelos.

Fig. 1: Ubicación del área de estudio



Cuadro # 1 Logros de la Contribución de la Iniciativa Interuniversitaria de Desarrollo Regional (IIDR)

en la zona al sur del cantón de Guácimo, provincia de Limón

Objetivos	Metas	Logros	% Avance
Determinar los rasgos hidrogeológicos de la zona de estudio para determinar la vulnerabilidad intrínseca	Red de flujo, mapa de unidades hidrogeológicas, mapa de vulnerabilidad y riesgo a la contaminación del agua subterránea	Muestreo de suelos y pruebas de campo, inventario de pozos, análisis de la vulnerabilidad de la zona norte de Guácimo Implementación en un SIG	100
Capacitar a los miembros de los grupos comunales, asociaciones de usuarios	Talleres y charlas con las personas de los grupos comunales, asociaciones	Se tiene contacto con la ASADA de La Perla Charla con los grupos de	100

(ASADAS)	de usuarios (ASADAS)	Villa Franca y alrededores	
Caracterizar el uso de la tierra en la zona para delimitar las zonas con piña	Mapa de zonas cultivadas con piña	Area delimitada de las zonas cultivadas con piña al sur de Guácimo (La Perla) Implementación en un SIG	100
Identificar los principales procesos que controlan el comportamiento y el transporte de contaminantes en la zona no saturada y en la zona saturada	Procesos que controlan el comportamiento y el transporte de contaminantes en la zona no saturada y en la zona saturada	8 Pruebas de infiltración 6 Análisis de suelos Implementación en un SIG	80

2. Contribución de la Iniciativa Interuniversitaria de Desarrollo Regional (IIDR) al impacto regional en términos cualitativos y cuantitativos:

b.1. Area de impacto prioritaria: el área de impacto es la ambiental.

b.2 Población beneficiaria

Los resultados de este proyecto beneficiarán a los y las habitantes de los cantones de Siquirres, y Guácimo, y principalmente en las comunidades de El Cairo, Pocora, Villa Franca, Silencio, La Perla en Guácimo, aproximadamente 100 000 habitantes.

b.3. Valoración de los mecanismos de supervisión y seguimiento

La coordinación con la Universidad Nacional fue muy difícil debido a la poca disponibilidad de tiempo del M.Sc. Clemens Ruepert, de hecho la última charla del proyecto únicamente participó la UCR debido a las dificultades para conseguir al representante de la UNA.

Se tuvieron dos reuniones de seguimiento, una en febrero con el coordinador de la Comisión de Regionalización Interuniversitaria Huetar Atlántica (CRII), Dr. Edgar Chacón y la Licda. Marcela Zuñiga y otra el día 23 de marzo, en esta última, participaron el Dr. Jorge Loaiza coordinador de los proyectos del CONARE en la Universidad Nacional, el M.Sc. Clemens Ruepert del IRET responsable del proyecto por parte de la misma Universidad, el Dr. Edgar Chacón coordinador de la CRII Atlántica de la Universidad de Costa Rica y la coordinadora del proyecto, con el objetivo de dar seguimiento y coordinar las actividades planeadas para este año. Sin embargo, hasta la fecha se desconocen los avances del IRET en el proyecto ya que no se cuenta con un informe en donde se describan todas las actividades realizadas, solo se conocen algunos resultados parciales. Debido a esta situación en junio de este año se recibió nota del coordinador del CONARE indicando que el proyecto no continuará durante el próximo año tal y como se había aprobado por el CONARE, debido a que el IRET no participará. Esta situación es lamentable debido a la relevancia del tema de estudio, ya que existe la necesidad de contar con este tipo de estudios en el país y sobre todo en la zona Atlántica, y además en las reuniones y talleres con miembros de la zona

se nos ha manifestado las grandes expectativas que tienen las personas sobre el posible impacto en la salud y en los ecosistemas por las actividades que se realizan en las áreas cultivadas con piña.

Es pertinente mencionar que la contraparte de la UCR en este proyecto, cumplió con la ejecución de presupuestos asignados y actividades propuestas según consta en los informes semestrales y anuales presentados al CONARE y la Vicerrectoría de Acción Social de la Universidad de Costa Rica.

b.4 Beneficios

La información generada será utilizada en la toma de decisiones sobre la permanencia o no de un proyecto que ha sido muy cuestionado por la comunidad de La Perla y comunidades vecinas del cantón de Guácimo. El mayor logro del trabajo es que con esta investigación se contribuye a brindar herramientas técnicas y científicas para la valoración del riesgo a la contaminación por plaguicidas de los suelos y el recurso hídrico en la zona. Debido a la confianza que tienen las comunidades en la Universidad de Costa Rica, este aporte era necesario, ya que se carecía de información detallada sobre análisis de plaguicidas en suelos y aguas, esto debido a los altos costos de los análisis.

Trabajos realizados

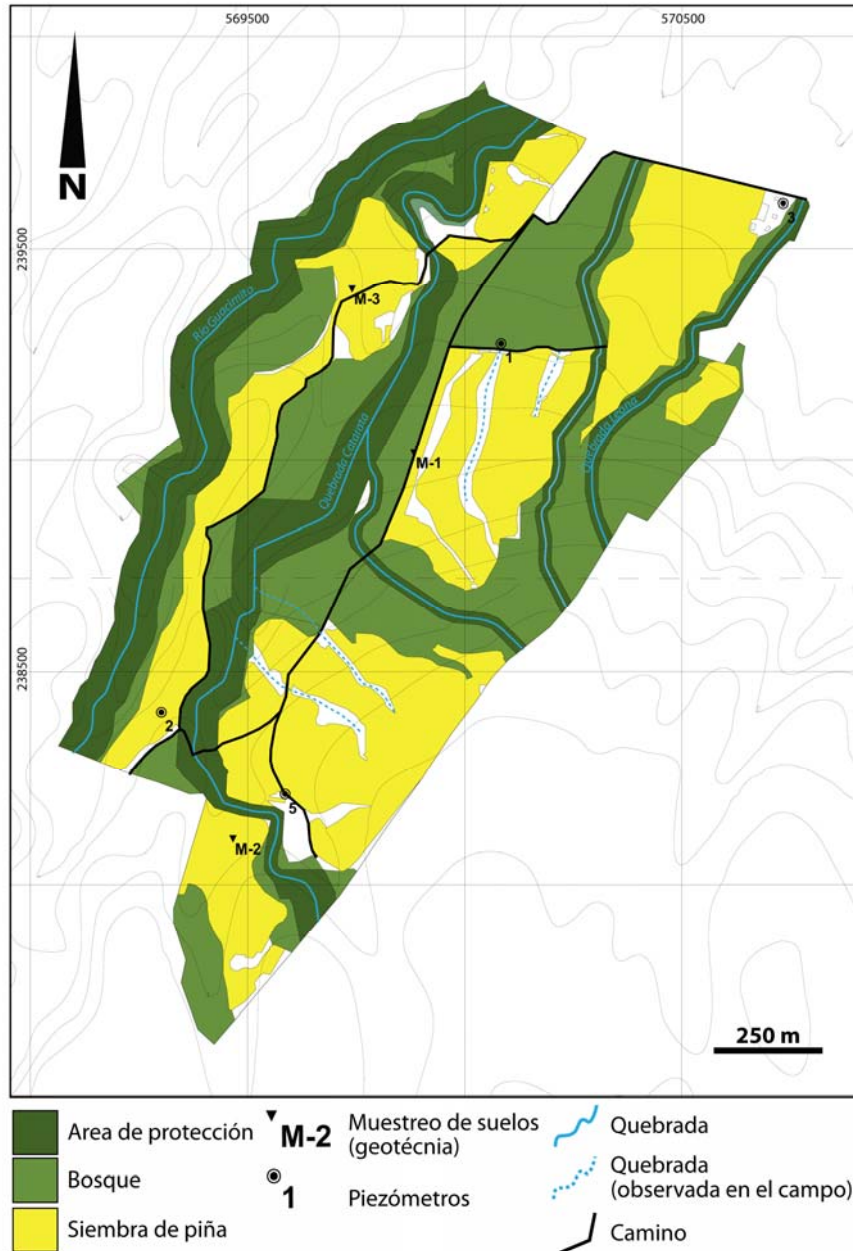
Caracterización de los suelos

Con el objetivo de determinar los tipos de suelos presentes en el área de estudio se realizó un muestreo de suelos, esta información es complementaria para la interpretación de las pruebas de infiltración en el suelo.

Se recolectaron 3 muestras representativas de los suelos de la finca de interés y los sitios muestreados se indican en la Fig.2. Los análisis se realizaron en el laboratorio de Geotecnia e Hidrogeología de la Escuela Centroamericana de Geología, bajo la supervisión del M.Sc. Rolando Mora Chinchilla, quien es el profesional responsable de dicho laboratorio. Las muestras de suelos se recolectaron a un metro de profundidad

aproximadamente. Estas muestras fueron envueltas en papel parafina para evitar la pérdida de la humedad natural y colocadas en bolsas plásticas debidamente rotuladas, luego se trasladaron al laboratorio donde se realizaron los análisis respectivos. Dentro de los parámetros determinados se tienen: contenido de humedad, gravedad específica, porosidad, análisis granulométrico y límites de Atterberg (líquido, plástico), a partir de estas dos últimas características los suelos fueron clasificados según el Sistema

Fig. 2: Ubicación de los muestreos de suelos (geotecnia) y piezómetros



Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS), el resumen de las características principales se muestra en la Cuadro # 2, el detalle de los análisis se presenta en el Anexo B. Los resultados muestran que los suelos no cambian en forma significativa en la propiedad y se clasifican como limos elásticos arenosos de alta plasticidad, según el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (S.U.C.S.).

La Foto # 1 ilustra un perfil típico de suelos en la zona de estudio, se observa la cercanía de la roca madre a la superficie del terreno.



Foto # 1 Perfil de suelos típico en la finca Tico Verde, La Perla, Guácimo

Cuadro #2 Resumen de las propiedades físico mecánicas* de los suelos en la finca Tico Verde, Guácimo

Muestra	M-1	M-2	M-3
Fecha de recolección	04/06/2010	04/06/2010	04/06/2010
Ubicación	569882-239017	569465-238107	569740-239404
Profundidad (m)	1,00	0,8	1,00
Gravedad específica	2,74	2,71	2,76
Peso húmedo (g)	34,96	36,62	29,65
Contenido humedad(%)	48,53	64,4	40,92
Porosidad(%)	60,2	65,8	57,1
Límite líquido(%)	68,9	94,3	54,3
Límite plástico(%)	46,1	57,4	34,9
Índice plasticidad(%)	22,9	36,9	19,4
Clasificación(BSI)	Limo de plasticidad alta(MH)	Limo de plasticidad extremadamente alta (ME)	Limo de plasticidad alta (MH)
Clasificación S.U.C.S.	Limo elástico arenoso (MH), de plasticidad alta	Limo elástico arenoso (ME), de plasticidad extr. Alta	Limo elástico arenoso con grava (MH), de plasticidad alta.

*Ensayos realizados en el Laboratorio de Geotecnia de la Escuela Centroamericana de Geología, Universidad de Costa Rica

Pruebas de infiltración

Se realizaron cinco pruebas de infiltración distribuidas espacialmente como se muestra en la Fig. 2. El método utilizado es el de Porchet, el cual consiste en realizar cuidadosamente un agujero en forma cilíndrica en el suelo, luego se llena de agua y se registran los cambios observados con respecto a un nivel de referencia hasta que el agujero se quede sin agua. Para este ensayo se requiere de la saturación previa del suelo para garantizar que se mide la condición más crítica en el terreno, se obtiene así la capacidad de infiltración del suelo de interés, la cual se puede comparar con la velocidad a la cual se infiltra el agua en un suelo determinado, normalmente se expresa en m por día. Las velocidades de infiltración medidas en la finca Tico Verde se muestran en el Cuadro #3, en el Anexo C se presentan los gráficos respectivos.

Cuadro # 3 Capacidad de infiltración de los suelos en la finca Tico Verde

Prueba	Ubicación	Profundidad (m)	Velocidad de infiltración (m/día)
P-1	570086/239232	0,46	1,88
P-2	569887/238997	0,42	2,16
P-3	569688/238595	0,43	0,06
P-4	569598/238458	0,47	0,71
P-5	569394/238480	0,53	2,13

Es importante recalcar que con las pruebas realizadas se caracterizó la parte más superficial del perfil de suelos (menor a los 53cm), los cuales presentan capacidades de infiltración en promedio de 1,4 m/d, estos valores son relativamente altos y se asocian con la condición limo arenosa y a la presencia de macroporos asociados con bloques de lava comunes en el terreno, con excepción de la prueba P-3 en donde el suelo es más homogéneo posiblemente arcilloso.

Condiciones hidrogeológicas

Allán & Arellano (2008) realizaron un estudio hidrogeológico en la finca Tico Verde, en donde identificaron un acuífero colgado en un depósito de origen volcánico incluido dentro de la unidad informal definida por Salazar (1996) como Colada Abarca. Según Allán & Arellano (2008) se trata de un acuitardo con una permeabilidad de $7,1 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{día}$ y una transmisividad de $1,63 \text{ m}^2/\text{día}$, y presenta un caudal de descarga de $17,57 \text{ m}^3/\text{día}$. Todos los manantiales observados que descargan el acuitardo e ubican en suelos limo-arcillosos, al agua subterránea se mueve hacia el norte con un gradiente hidráulico que varía entre 0,125 y 0,054 (ibid).

La Fig. 3 muestra un perfil longitudinal de la finca Tico Verde realizado por Allán & Arellano (2008), donde se distingue la distribución de las distintas capas del subsuelo en la finca. Se observan dos acuíferos diferenciados en la parte superior el acuitardo Abarca y debajo de este el acuífero de la colada Africa el cual es un acuífero importante con una conductividad hidráulica de $1,96 - 3,4 \text{ m/día}$ y con transmisividades que varían entre $40,7$ y $58,7 \text{ m}^2/\text{día}$ (ibid).

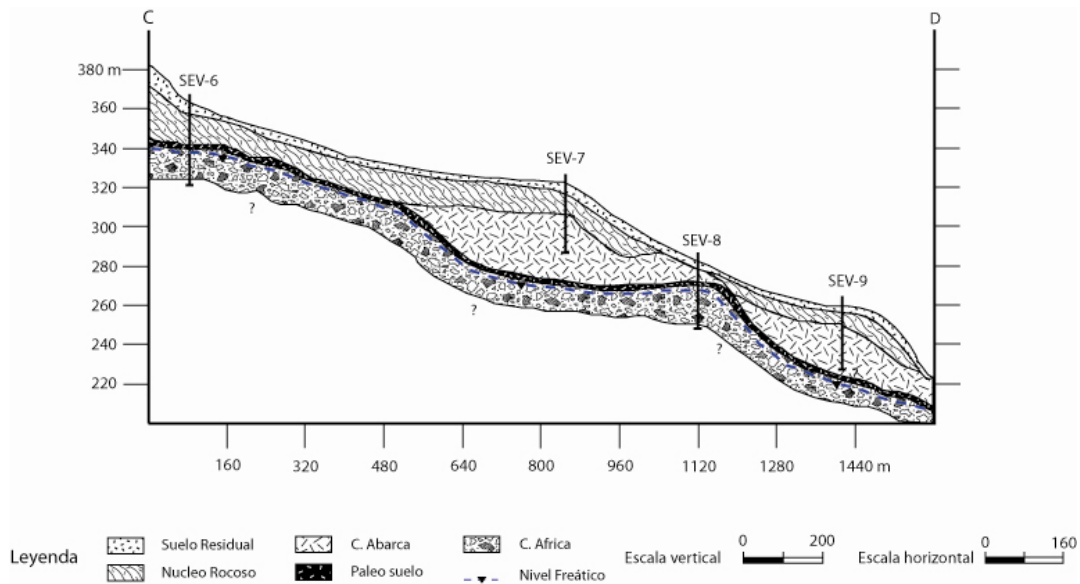


Fig. 3 perfil longitudinal de la finca Tico Verde. Tomado de: Allán & Arellano (2008)

Manantiales

Durante las visitas de campo se recorrieron varias quebradas en la propiedad buscando manantiales, algunas de estas se indican en la Fig. 4, y según personeros de la Empresa Tico Verde se trata de quebradas intermitentes. Para determinar con certeza si el nacimiento de estas quebradas coincide con manantiales, se debe determinar si se mantienen durante todo el año, de manera que la finca se debe visitar en distintos meses especialmente durante los meses de febrero a abril que son los meses con menos lluvia durante el año según datos de la Estación Los Diamantes recopilados por Allán & Arellano, (2008). Tomando en cuenta las condiciones geológicas observadas en la zona, se identificó un conglomerado dispuestos en capas centimétricas, los cuales forman planos o rutas preferenciales por donde el agua descarga cerca de la superficie (Foto # 2), y también coladas de lava meteorizadas con espesores de suelo de escasos 2 metros (Foto # 3), en este estudio no se detalla la geología debido a que ya existe un estudio previo en donde se realizó esta actividad.



Foto # 2 Afloramiento de conglomerado dispuesto en capas, donde el agua de lluvia se infiltra y descarga cerca de la superficie



Foto # 3 Perfil de meteorización típico de la colada Abarca, se observa que la roca madre se encuentre a menos de un metro de la superficie, coordenadas 569740 Este y 239404 Norte

Índices de lixiviación de plaguicidas en suelos

A partir de los datos recopilados en distintas fuentes bibliográficas se construyó el Cuadro # 4 el cual resume las principales características de los plaguicidas detectados en las aguas y suelos de la finca Tico Verde, otros parámetros de interés se adjuntan en el Anexo F. Dicha información permite estimar la tendencia al lixiviado o capacidad de contaminación del agua subterránea a partir de índices de lixiviación. Uno de estos índices es el GUS (Groundwater Ubiquity Score) el cual fue propuesto por Gustafsson, (1989 en Candela, 2003). El índice GUS permite determinar que tan susceptible es un plaguicida a infiltrarse y contaminar el agua subterránea, y se obtiene a partir de la aplicación de la siguiente fórmula:

$$GUS = (\log t_{1/2}) (4 - \log K_{oc})$$

Donde $t_{1/2}$ es la vida media del compuesto en el suelo, o bien es el tiempo que duraría un compuesto en biodegradarse. El K_{oc} es un coeficiente de adsorción del compuesto en el suelo y está directamente relacionado con la presencia de carbono orgánico (materia orgánica).

Si el valor del índice GUS es mayor que 2,8 entonces se considera que el plaguicida es lixiviable, si el índice GUS es menor que 1,8 el plaguicida no es lixiviable y para valores entre 2,8 y 1,8 se considera que los plaguicidas son de transición.

Cuadro # 5 Índices de lixiviación GUS calculados para los plaguicidas identificados en la finca Tico Verde

Plaguicida	T $\frac{1}{2}$ (vida media)	K _{oc}	GUS
Ametrina	37 ⁽²⁾	245 ⁽²⁾	2,54
Clorpirifos	94 ⁽¹⁾	9930 ⁽²⁾	2,57
Endosulfan α	27 ⁽²⁾	2887,5 ⁽³⁾	0,77
Endosulfan β	27 ⁽²⁾	2219.7 ⁽³⁾	0,94
Diurón	372 ⁽²⁾	499 ⁽²⁾	3,34

(1) Fielding, M (1992 en Candela 2003)

(2) http://www.pesticideinfo.org/Search_chemicals.jsp

(3) Calculado en este estudio a partir del Kow, $\log K_{oc} = 0,544 \log K_{ow} + 1,377$ (Fetter, 1999)

Del cálculo del índice GUS para los plaguicidas de interés en este estudio se observa que el diurón es el que presenta el valor más alto y por lo tanto sería el compuesto más lixiviable o bien que se “lavaría” con más facilidad en el subsuelo y

podría alcanzar el agua subterránea, sin embargo tal y como se indicó en la sección 3.1 no se encontró diuron en los suelos. Debe tenerse presente que estos valores son solo una guía ya que de acuerdo con Candela (2003) son muy sensibles a las variaciones debido a la gran cantidad de valores reportados en la literatura para la vida media de los compuestos así como también para los coeficientes de partición, K_{oc} y K_{ow} . Además se han observado variaciones importantes entre los valores calculados y medidos en condiciones reales en el campo y en el laboratorio (ibid).

Barbash & Resek, (1996) basados en estudios detallados realizados en Estados Unidos durante dos décadas acerca de la distribución y los mecanismos de transporte de plaguicidas en las aguas subterráneas, indican que los plaguicidas pueden entrar a través del suelo a tasas muy altas, las cuales muchas veces son inferiores a las estimadas por medio de modelos teóricos, por lo que en los sitios en donde existen cultivos deben realizarse monitoreos en suelos y en aguas subterráneas para detectar cualquier impacto en la calidad de las aguas.

B. Impacto Académico

1. Interdisciplinariedad

El aprendizaje sobre la problemática de las piñeras en la zona de estudio se ha incorporado ya como estudio de caso dentro de los cursos de Hidrogeología G-4112 (curso de grado en Geología) e Hidrogeología de contaminantes SP-1170 (Maestría en Hidrogeología y Manejo de Recursos Hídricos de la UCR). Además en el mes de setiembre se participará en un taller sobre Contaminación de aguas subterráneas en El Salvador”, en la UCA, en donde se espera exponer la problemática sobre el cultivo de la piña en Costa Rica. Debido a la poca disponibilidad de tiempo del coordinador de la contraparte de la UNA ha sido difícil coordinar acciones para este año, sin embargo el

M.Sc. Clemens Ruepert ha sido profesor invitado en el Posgrado en Geología de la Maestría en Hidrogeología y Manejo de Recursos Hídricos de la UCR, en donde ha presentado desde su especialidad el enfoque del comportamiento de los plaguicidas en aguas subterráneas en la zona Atlántica. Se espera organizar dos talleres en forma conjunta UNA-UCR para dar a conocer los resultados del proyecto durante este año en las comunidades de San Carlos y Unión Campesina en Siquirres.

2. Divulgación de los resultados

El día 17 de noviembre se presentaron los resultados del proyecto a las Comunidades de Villa Franca y Carambola, en Guácimo, quienes insistieron en la importancia de que la iniciativa continúe. El jueves 11 de marzo de este año se participó en la actividad de rendición de cuentas organizada por la CRII Huetar Atlántica en el Recinto de Guápiles, de la Universidad de Costa Rica, el registro de los participantes está en la Vicerrectoría de Acción Social (Ver adjunto). En dicha actividad se expuso para parte del M.Sc. Clemens Ruepert y la M.Sc. Ingrid Vargas aspectos relevantes de la problemática del uso de plaguicidas en la zona, así como resultados del proyecto ED-2358 (CO-33), el tema tubo una gran acogida por parte del público presente y se generaron muchas inquietudes sobre la preocupación de los y las vecinas de la zona en torno a la problemática ambiental debido al cultivo extensivo de la piña.

Además se espera que la Sala Constitucional haga del conocimiento público los resultados del estudio realizado por la Escuela Centroamericana de Geología con la colaboración del CICA. Además se ha contactado a miembros de la ASADA de La Perla para informarle sobre los resultados del estudio, oportunamente se informará a la comunidad de La Perla.

Se envió una ponencia para revisión del Comité Técnico del Congreso de Hidrogeología y Recursos Hídricos en Centroamérica” el cual se realizará del 21 al 25 de febrero del 2011 en El Salvador, sin embargo aun se encuentra en revisión.

Se realizó una charla a las comunidades de Villa Franca y Carambola al norte de Guácimo, en donde participaron representantes de la ASADA de Villa Franca, Asociación Promejoras de Villa Franca, Asociación de Desarrollo Integral de Carambola y miembros de la comunidad (Anexo G). Las personas participantes manifestaron la necesidad de continuar con el proyecto y de darle más divulgación.

Charla informativa: Aguas subterráneas en los alrededores de

Villa Franca, Guácimo

Fecha: 17 de noviembre, 2010

Lugar: Salón multiusos Villa Franca, Guácimo

Hora: 6pm

Objetivo: divulgar los resultados obtenidos en el marco del proyecto ED-2358 y capacitar a miembros de la comunidad sobre la importancia de la protección del agua subterránea.

Descripción de la actividad

La actividad dio inicio a las 6:10pm con una explicación inicial del proyecto y sus objetivos, posteriormente desarrollaron tres temas: generalidades del agua subterránea y el ciclo del agua, mecanismos de contaminación del agua subterránea y prevención, finalmente se presentaron los resultados obtenidos en el proyecto. Durante la presentación se atendieron preguntas por parte de los participantes, además se conocieron las experiencias de los vecinos en torno a los cultivos de la piña en la zona. La actividad fue muy provechosa y surgieron recomendaciones importantes para mejorar el proyecto. Asistieron en total 16 personas, sin embargo solo 14 registraron sus firmas (ver lista de asistencia), y diez completaron la evaluación brindada por la CRI (adjunto). Los participantes pertenecen a la Asada Villa Franca, a la Asociación Promejoras Villa Franca y a la Asociación Desarrollo Integral de Carambola.

Dentro de las recomendaciones que hicieron los participantes se tienen las siguientes:

- Incluir a las empresas privadas en este tipo de actividades.
- Traer agua desde la parte alta de los acuíferos de Guácimo.
- Incluir más universidades.
- Definir zonas de Protección de los pozos de abastecimiento público
- Capacitación a la comunidad para cuidar el agua (Directiva del acueducto).
- Incluir otras zonas como Cariari.
- Mayor divulgación sobre la iniciativa.

En general las personas manifestaron la necesidad de las comunidades de que se le de continuidad a la iniciativa.

C. Indicadores de ejecución alcanzada

Cuadro # 4

<i>Actividades</i>	<i>Productos</i>	<i>Perspectivas de desarrollo a mediano y largo plazo</i>	<i>Indicadores de éxito</i>	<i>% Alcanzado</i>
Capacitación a la comunidad de Villa Franca y Carambola, Guácimo	Población informada y motivada sobre la protección del recurso hídrico	Deben continuarse con la capacitación	14 personas motivadas	100
Gestión para la compra de convertidor de voltaje (bomba sumergible)	Equipo de muestreo de aguas subterráneas para la zona de estudio	Contar con equipo adecuado para la recolección de muestras de agua en pozos artesanales	Determinación de la calidad del agua para consumo humano en pozos artesanales	100
Muestreo de suelos y aguas superficiales en La Perla	Caracterización de la situación actual con respecto al uso de plaguicidas en la zona de estudio	Valoración del impacto en las aguas por el uso de plaguicidas	Se amplía el conocimiento sobre los mecanismos de transporte de plaguicidas en el subsuelo	100
Contactos con miembros de la comunidad de La Perla	Comunidad informada sobre la situación del cultivo de piña en La Perla	Toma de conciencia y herramientas técnicas para la zonificación del uso de la tierra en la zona	Aunque se tienen los contactos y la comunidad está enterada del proyecto se debe programar una	100

			actividad informativa	
Estudio técnico sobre la existencia o no de contaminación de las aguas con plaguicidas, finca Agroindustrial Tico Verde	Herramientas técnicas de apoyo al Estado costarricense en para la toma de decisiones	Este tipo de acciones sirve de asidero para justificar apoyo a nivel nacional a las Universidades públicas debido al aporte que realizan en la investigación aplicada a la búsqueda de la mejora en la calidad de vida de los ciudadanos del país	Se muestra una vez más el rol preponderante que juegan las Universidades públicas en el país al aportar herramientas para la toma de decisiones en temas de interés nacional	100

D. Ejecución presupuestaria

La ejecución de partidas se detalla en el Cuadro # 5, debe mencionarse que aunque se gestionó desde principios de año la compra de convertidor de voltaje para conectarlo a la bomba sumergible que permite recolectar muestras de agua en pozos, la compra se realizó hasta en noviembre del 2010, razón por la cual no se pudo realizar los muestreos previstos del agua subterránea de los pozos de las zona. El presupuesto ejecutado es de 100%.

Cuadro # 5 Ejecución Presupuestaria para el 2010 proyecto ED-2358 (CO-33)

	FINANCIAMIENTO POR UNIVERSIDAD						
	UCR		ITCR		UNA		
	MONTO ASIGNADO	MONTO EJECUTADO	MONTO ASIGNADO	MONTO EJECUTADO	MONTO ASIGNADO	MONTO EJECUTADO	MONTO ASIGNADO
RUBROS							
Impresión	80000	80000					
Viáticos	250000	250000					
Actividades capacitación	95000	95000					
Reactivos y útiles	350000	350000					
Alimentos y bebidas	40000	40000					
Materiales y productos	25000	25000					
Repuestos y accesorios	415.004,98	415.004,98					
Útiles y materiales	30000	29955					
Útiles y materiales educ	25000	25000					
Textiles y vestuario	190000	190000					

Utiles y materiales	20000	20000					
Equipo sanitario	2050000	2050000					
Becas horas estudiante	425000	419.760,00					
Al sector privado	250000	250000					

E. Limitaciones

La mayor limitación que se tuvo fue el atraso en la compra de convertidor de voltaje para conectarlo a la bomba sumergible que permite recolectar muestras de agua en pozos, así mismo las condiciones climáticas limitaron el aprovechamiento de las giras ya que algunas veces se han suspendido las giras debido a las lluvias. También influyó grandemente la disponibilidad de tiempo de la contraparte de la UNA, ya que no se pudieron realizar los talleres programados con la comunidad de San Carlos y Unión Campesina en Siquirres debido a que la contraparte no estaba disponible. Además no se pudo articular el trabajo, a pesar de los esfuerzos realizados por la coordinación, y este año la contraparte se retiró del proyecto, lo que ocasionó que a pesar de que se contaba desde el 2009 con el visto bueno del CONARE para ampliar la vigencia del proyecto, en el 2010 el CONARE decidió no continuar apoyando el proyecto, a pesar de que la contraparte de la UCR ejecutó durante los tres años el presupuesto brindado, y cumplió con los objetivos según las responsabilidades convenidas.

Bibliografía

Allán, A. & Arellano, F.; 2008: Estudio hidrogeológico para la evaluación del riesgo por contaminación de agroquímicos. Proyecto finca Tico Verde desarrollo agrícola de siembre de piña. Localidad de Guácimo. 48 pp +Anexos.

Barbash, J. y Resek, E; 1996: Pesticides in Ground Water: distribution, trends, and governing factors. Ann Arbor Press, Inc.

Candela, L.; 2003: El transporte de plaguicidas a las aguas subterráneas. Boletín Geológico y Minero, 114(4):409-417.

Decreto # 32327-S; 2005: Reglamento para la calidad del agua potable.

Fetter, C; 1999: Contaminant hydrogeology. Prentice Hall Inc.

Heras, R; 1976: Hidrología y recursos hidráulicos. Dirección General de Obras Hidráulicas, Centro de Estudios Hidrográficos, Madrid, España.

Ramírez, F.; Chaverri, F.; De la Cruz, E.; Wesselin, C; Castillo, L.; Bravo, V.; 2009: Serie Informes Técnicos IRET 6: Importación de plaguicidas en Costa Rica, período 1977-2006. Instituto Regional de Estudios en Sustancias Tóxicas-IRET, Univ. Nacional.

Salazar, G.; 1998: Análisis geológico y geomorfológico aplicado al plan regulador de parte del catón de Guácimo, Costa Rica. Tesis inédita. Licenciatura en Geología. Univ. Costa Rica.

Pesticidas Database, 2010: http://www.pesticideinfo.org/Search_chemicals.jsp

PAN Pesticides Database – Chemicals; 2010: <http://www.pesticideinfo.org>

Anexo A

Solicitud de la Sala Constitucional a
la Escuela Centroamericana de
Geología

Se hace saber:

RESOLUCIÓN



EXPEDIENTE: 08-009484-0007-CO
PROCESO: RECURSO DE AMPARO

SALA CONSTITUCIONAL DE LA CORTE SUPREMA DE JUSTICIA. San José, a las catorce horas y seis minutos del cinco de marzo del dos mil diez.

Como prueba para mejor resolver se ordena rendir informe a la SECRETARIA GENERAL DE LA SECRETARÍA TÉCNICA NACIONAL AMBIENTAL, al GERENTE GENERAL DEL SERVICIO NACIONAL DE AGUAS SUBTERRÁNEAS, RIEGO Y AVENAMIENTO Y al DIRECTOR DE LA ESCUELA CENTROAMERICANA DE GEOLOGÍA DE LA FACULTAD DE CIENCIAS DE LA UNIVERSIDAD DE COSTA RICA a fin de que indiquen, con el correspondiente estudio técnico, si efectivamente existe o no contaminación de las aguas y si en esa zona existen nacientes de agua que atraviesan la finca (ubicada en la Perla de Guácimo, un kilómetro al sur del Cruce a las Colinas, en donde se desarrolla el proyecto de siembra y producción de piña de Agroindustrial TICO VERDE S.A.) de conformidad con los mapas que constan a folio 296, 297, 300, 303, 305 y las fotografías que constan a folios 317, 318, 319, 320, 321, 322, 323, 324, 325, 326 y 327. Lo anterior deberán informarlo dentro del plazo de **QUINCE DIAS** siguientes a la notificación de este pronunciamiento, **con remisión de los medios probatorios en que fundamente su dicho** y bajo la prevención de que, conforme a lo dispuesto en los artículos 44 párrafo 2º y 45 de la ley citada, se considerará dado bajo juramento, de manera que cualquier inexactitud o falsedad hará incurrir a los informantes en las penas del perjurio o del falso testimonio, según la naturaleza de los hechos contenidos en el mismo, y de que la omisión en informar causará que se tengan por ciertos los hechos y se pueda declarar con lugar el recurso, para cuyos efectos deberán rendirlo personalmente y no por medio de apoderado. Se advierte a los recurridos que la desobediencia a

EXPEDIENTE N° 08-009484-0007-CO

Teléfonos: 2295-3696/2295-3697/2295-3698/2295-3700. Fax: 2295-3712. Dirección electrónica: www.poder-judicial.go.cr/salaconstitucional

órdenes emanadas de la Jurisdicción Constitucional, conforme lo ordena el artículo 71 de la citada Ley, se encuentra sancionada con prisión de tres meses a dos años o de veinte a sesenta días multa, y que solamente se le notificarán las resoluciones futuras si señalan casa u oficina dentro del perímetro judicial de esta Sala, o número de fax si lo tuviere, para recibirlas.

Notifíquese por medio del notificador de este despacho con copia de los siguientes folios: 296, 297, 300, 303, 305, 317, 318, 319, 320, 321, 322, 323, 324, 325, 326 y 327.

Fernando Castillo V.
Magistrado Instructor

JCASTROA

EXPEDIENTE N° 08-009484-0007-CO

Anexo B

Análisis de suelos

PROPIEDADES FISICAS DE LOS SUELOS
LABORATORIO DE GEOTECNIA
ESCUELA CENTROAMERICANA DE GEOLOGIA

Proyecto: *Fecha:*
Lugar: *Geól. Responsable*

Datos:

Muestra No:
Gravedad específica:
Peso húmedo [g]:
Volumen [cm³]:
Contenido de humedad [%]:

Propiedades:

Peso unit. húmedo [kN/m ³]:	15.90	14.95	16.36
Peso unit. seco [kN/m ³]:	10.71	9.09	11.61
Peso unit. sat. [kN/m ³]:	16.61	15.54	17.21
Peso unit. sólidos [kN/m ³]	26.87	26.58	27.07
Relación de vacíos :	1.51	1.92	1.33
Porosidad [%]:	60.2	65.8	57.1
Grado de saturación [%]:	88.1	90.8	84.9

T. Pérez

**DETERMINACION DEL PESO UNITARIO
LABORATORIO DE GEOTECNIA
ESCUELA CENTROAMERICANA DE GEOLOGIA
UNIVERSIDAD DE COSTA RICA**

Muestra :
Proyecto:
Localiz.:

Prof. [m]:
Fecha:
Perforac.:
Encargado:

Peso unitario

Peso del suelo húmedo [g]:
Peso del suelo + peso de parafina [g]:
Peso de parafina [g]:

Volumen de parafina [cm3]:
Peso sumergido de parafina y suelo [g]:
Volumen de suelo + parafina [cm3]:
Volumen de suelo [cm3]:

Peso unitario húmedo del suelo [kN/m3]:
Peso unitario seco del suelo [kN/m3]:

Contenido de humedad

Peso suelo húmedo + recipiente [g]:
Peso suelo seco + recipiente [g]:
Peso del recipiente [g]:
Peso del agua [g]:
Peso del suelo seco [g]:

Contenido de humedad [%]: 48.53

Gravedad específica

Muestra :
Proyecto:
Localiz.:

Prof. [m]:
Fecha:
Encargado:

Peso unitario

Peso del suelo húmedo [g]:
Peso del suelo + peso de parafina [g]:
Peso de parafina [g]:

Volumen de parafina [cm3]:
Peso sumergido de parafina y suelo [g]:
Volumen de suelo + parafina [cm3]:
Volumen de suelo [cm3]:

Peso unitario húmedo del suelo [kN/m3]:
Peso unitario seco del suelo [kN/m3]:

Contenido de humedad

Peso suelo húmedo + recipiente [g]:
Peso suelo seco + recipiente [g]:
Peso del recipiente [g]:
Peso del agua [g]:
Peso del suelo seco [g]:

Contenido de humedad [%]: 44.44

Gravedad Especifica:

Muestra :
Proyecto:
Localiz.:

Prof. [m]:
Fecha:
Encargado:

Peso unitario

Peso del suelo húmedo [g]:
Peso del suelo + peso de parafina [g]:
Peso de parafina [g]:

Volumen de parafina [cm3]:
Peso sumergido de parafina y suelo [g]:
Volumen de suelo + parafina [cm3]:
Volumen de suelo [cm3]:

Peso unitario húmedo del suelo [kN/m3]:
Peso unitario seco del suelo [kN/m3]:

Contenido de humedad

Peso suelo húmedo + recipiente [g]:
Peso suelo seco + recipiente [g]:
Peso del recipiente [g]:
Peso del agua [g]:
Peso del suelo seco [g]:

Contenido de humedad [%]: 40.90

Gravedad Especifica:

P. Herra

ANALISIS GRANULOMETRICO-MECANICO (diseño R. Mora)
LABORATORIO DE GEOTECNIA
ESCUELA CENTROAMERICANA DE GEOLOGIA
UNIVERSIDAD DE COSTA RICA

Proyecto: Investigador:
 Localización: Muestra:
 Descripción: Profundidad:
 Realizado por: Fecha:
 Observación: Peso Inic. [g]:

Tamiz No	Dámetro [mm]	Peso retenido [g]	% retenido	% que pasa
2"	50.800			
1 1/2"	38.100			
1 1/4"	31.500			
1"	25.400			
3/4"	19.000			
1/2"	12.700			
3/8"	9.500			
4	4.750			
10	2.000			
20	0.850			
30	0.600			
40	0.425			
50	0.300			
60	0.250			
80	0.180			
100	0.150			
200	0.075			
270	0.053			
325	0.045			
FONDO				
total:		545.56	100.00	

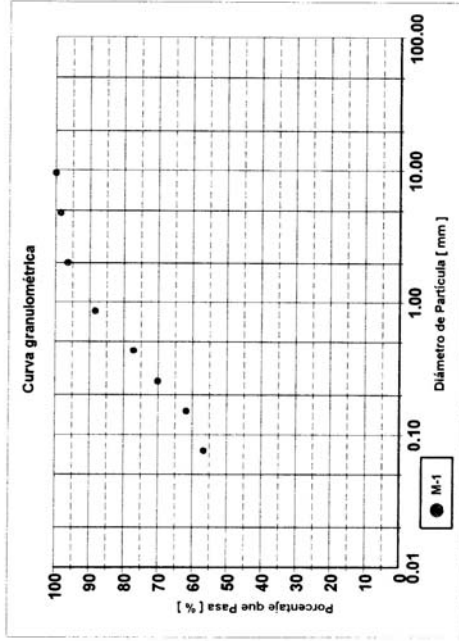
Pérdida de material [g]:
 Pérdida de material [%]:

Porcentaje de grava:
 Porcentaje de arena gruesa:
 Porcentaje de arena media:
 Porcentaje de arena fina:
 Porcentaje de finos:

Coef. de uniformidad, Cu:
 Coef. de concavidad, Cc:
 Limite liquido (w_L%):
 Limite plástico (w_p%):
 Indice de plasticidad:

Clasificación según Sistema Unificado de Clasificación de Suelos:

Lugar de muestreo: Tabla de clasificación:



**LABORATORIO DE GEOTECNIA
ESCUELA CENTROAMERICANA DE GEOLOGIA
UNIVERSIDAD DE COSTA RICA**

DETERMINACION DE LOS LIMITES DE ATTERBERG

Muestra: _____
 Perfil: _____
 Sitio: _____
 Fecha: _____
 Secado: _____

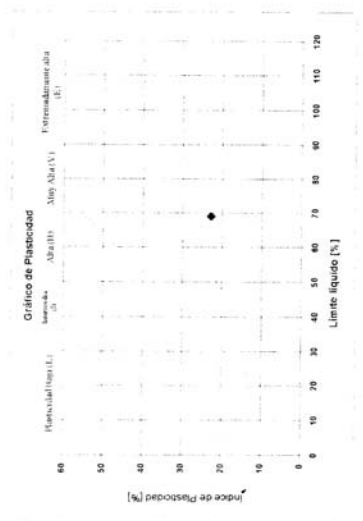
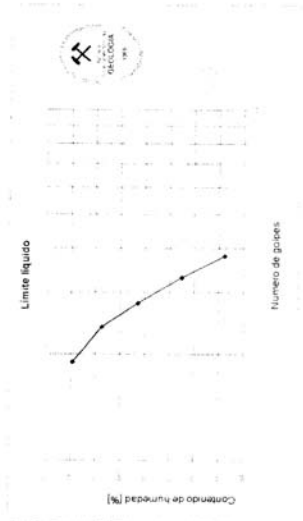
LIMITE LIQUIDO [%]:

No. de lata: _____
 Peso del suelo humedo + lata [g]: _____
 Peso del suelo seco + lata [g]: _____
 Peso de la lata [g]: _____
 Peso del suelo seco [g]: _____
 Peso del agua [g]: _____
 Contenido de Humedad %: _____
 Numero de golpes: _____

LIMITE PLASTICO [%]:

No. de lata: _____
 Peso del suelo humedo + lata [g]: _____
 Peso del suelo seco + lata [g]: _____
 Peso de la lata [g]: _____
 Peso del suelo seco [g]: _____
 Peso del agua [g]: _____
 Contenido de humedad [g]: _____

**INDICE DE PLASTICIDAD [%]
CLASIFICACION (BSI):**



**LABORATORIO DE GEOTECNIA
ESCUELA CENTROAMERICANA DE GEOLOGIA
UNIVERSIDAD DE COSTA RICA**

DETERMINACION DE LOS LIMITES DE ATTERBERG

Muestra: *Barfor*
 Proyecto: *Silo*
 Tercero: *Piso*
 Seccion: *Fecha*

LIMITE LIQUIDO [%]:

- No. de lata
- Peso del suelo humedo + lata [g]
- Peso del suelo seco + lata [g]
- Peso de la lata [g]
- Peso de suelo seco [g]
- Peso de agua [g]

Contenido de humedad %

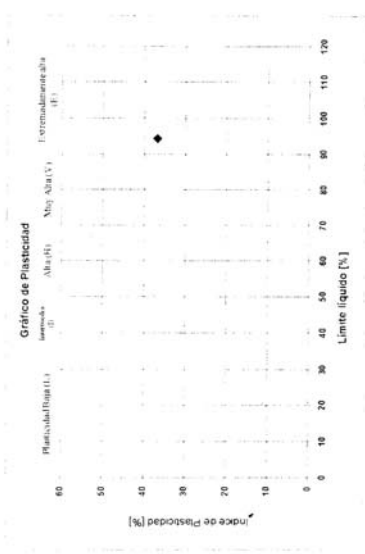
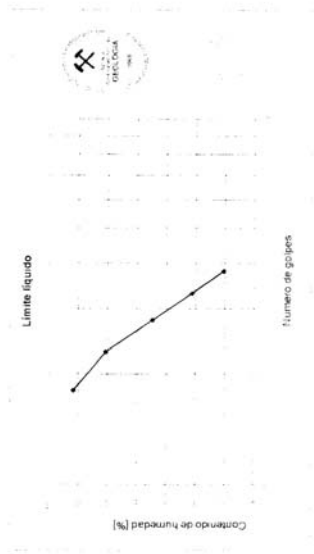
Numero de golpes

LIMITE PLASTICO [%] :

- No. de lata
- Peso del suelo humedo + lata [g]
- Peso del suelo seco + lata [g]
- Peso de la lata [g]
- Peso de suelo seco [g]
- Peso de agua [g]

Contenido de humedad [g]

**INDICE DE PLASTICIDAD [%]
CLASIFICACION (BSI) :**



TP/100

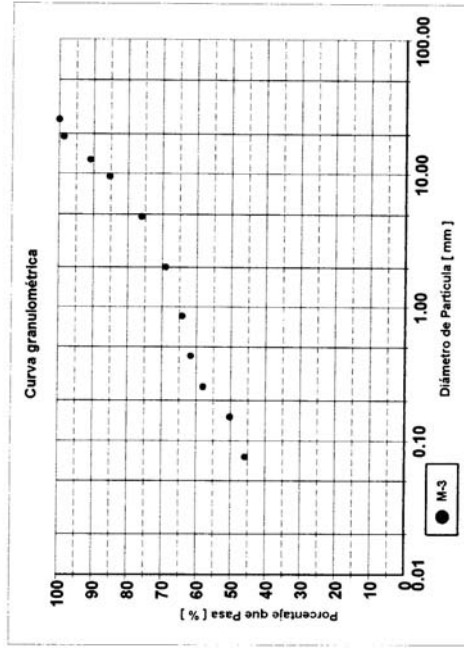
ANALISIS GRANULOMETRICO-MECANICO (diseño R. Mora)
LABORATORIO DE GEOTECNIA
ESCUELA CENTROAMERICANA DE GEOLOGIA
UNIVERSIDAD DE COSTA RICA

Proyecto: Investigador:
 Localización: Muestra:
 Descripción: Profundidad:
 Realizado por: Fecha:
 Observación: Peso lic. [g]:

Tamiz No	Díámetro [mm]	Peso retenido [g]	% retenido	% que pasa
2"	50.800			
1 1/2"	38.100			
1 1/4"	31.500			
1"	25.400			
3/4"	19.000			
1/2"	12.700			
3/8"	9.500			
4	4.750			
10	2.000			
20	0.850			
30	0.600			
40	0.425			
50	0.300			
60	0.250			
80	0.180			
100	0.150			
200	0.075			
270	0.053			
325	0.045			
FONDO				
total:		579.28	100.00	

Pérdida de material [g]:
 Pérdida de material [%]:
 D60 [mm]:
 D30 [mm]:
 D10 [mm]:
 Coef. de uniformidad, Cu:
 Coef. de concavidad, Cc:
 Limite líquido (wl%):
 Limite plástico (wp%):
 Índice de plasticidad:
 100.00

Clasificación según Sistema Unificado de Clasificación de Suelos:



T.P.H.

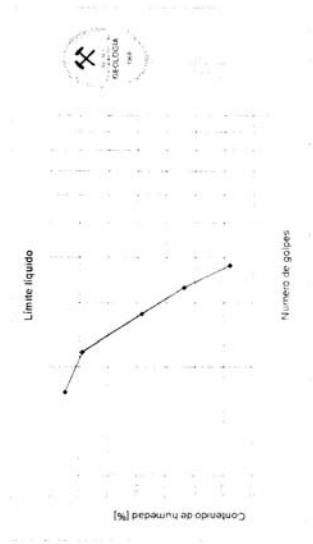
**LABORATORIO DE GEOTECNIA
ESCUELA CENTROAMERICANA DE GEOLOGIA
UNIVERSIDAD DE COSTA RICA**

DETERMINACION DE LOS LIMITES DE ATTERBERG

Muestra _____
 Proyecto _____
 Técnico _____
 Secado _____
 Fecha _____

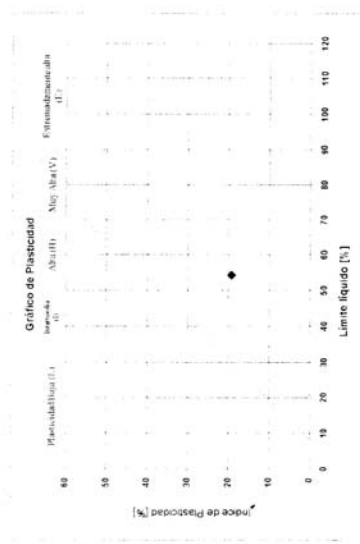
LIMITE LIQUIDO [%]:

- No. de lata _____
- Peso del suelo humedado + lata [g] _____
- Peso del suelo seco + lata [g] _____
- Peso de la lata [g] _____
- Peso del suelo seco [g] _____
- Peso del agua [g] _____
- Contenido de humedad % _____
- Numero de golpes _____



LIMITE PLASTICO [%]:

- No. de lata _____
- Peso del suelo humedado + lata [g] _____
- Peso del suelo seco + lata [g] _____
- Peso de la lata [g] _____
- Peso del suelo seco [g] _____
- Peso del agua [g] _____
- Contenido de humedad [g] _____



**INDICE DE PLASTICIDAD [%]
CLASIFICACION (BS):**

ANEXO C: Pruebas de Infiltración

ANEXO D: Características químicas de los plaguicidas encontrados en suelos y en aguas

Características químicas de los plaguicidas encontrados en las aguas y los suelos de la finca Tico Verde, Guácimo

<i>Nombre común</i>	<i>Clase química</i>	<i>Fórmula química</i>	<i>Uso</i>	<i>CAS-No.</i>	<i>Peso Molec.</i>	<i>Solubilidad en agua mg/L</i>	<i>Koc</i>	<i>Kow</i>	<i>Toxicidad LD₅₀</i>	<i>Vida Media días</i>
Ametrina	Triazina	2-Etilamino-4-isopropilamino-6-metiltio-1,3,5-triazina	Herbicida	834-12-8	227.33	204 ⁽³⁾	245 ⁽²⁾	955 ⁽⁴⁾	965 mg/kg (oral en ratón)	37 ⁽²⁾
Clorpirifos	Organofosforado	o,o-Dietil-o-(3,5,6-tricloro-2-piridil)fosforotioato	Insecticida	2921-88-2	350.62	1.18 ⁽³⁾	9930 ⁽²⁾	91201 ⁽⁴⁾	350 mg/kg (oral en rata)	94 ⁽¹⁾
Diurón	Urea	3-(3,4-diclorofenil)-1,1-dimetilurea	Herbicida	330-54-1	233.1	36 ⁽³⁾	499 ⁽²⁾	479 ⁽⁴⁾	1017 mg/kg (oral en rata)	372 ⁽²⁾
Endosulfan-alfa	Organoclorado	3 α ,5 α β ,6 α ,9 α ,9 $\alpha\beta$ -6,7,8,9,10,10-hexacloro-1,5,5a,6,9,9a-hexahidro-6,9 metano-2,4,3-benzodioxatiepina3-óxido	Insecticida	959-98-8	406.95	<1000 ⁽²⁾ (23°C)	12400 ⁽²⁾	6761 ⁽⁴⁾	>28 mg/kg (oral en conejo), para endosulfan	27 ⁽²⁾ para endosulfan
Endosulfan-beta	Organoclorado	3 α ,5 α ,6 β ,9 β ,9 $\alpha\beta$ -6,7,8,9,10,10-hexacloro-1,5,5a,6,9,9a-	Insecticida	33213-65-9	406.95	<1000 ⁽²⁾ (23°C)	12400	4169		

		hexahidro-6,9 metano-2,4,3- benzodioxatiepina3-óxido					(2)	(4)		
--	--	---	--	--	--	--	-----	-----	--	--

LD₅₀, dosis letal en miligramos de sustancia por kilogramo de peso corporal que mata el 50% de la población de animales ensayados

Basado en: (1) Fielding, M (1992 en Candela 2003), (2) http://www.pesticideinfo.org/Search_chemicals.jsp,

(3) **PAN** Pesticides Database – Chemicals, (2010), (4) <http://toxnet.nlm.nih.gov/cgi-bin/sis/htmlgen?hsdbb.htm>

ANEXO E: Ubicación de los sitios de muestreo
de aguas y parámetros físico-químicos de
campo

N° muestra	coordenada E	coordenada N	Descripción	Hora muestreo	pH	Conductividad (μS/cm)	T (°C)
1	570459	239191	Quebrada La Leona -zona intermedia, afloramiento de lavas	11:30	6.09	27	24.5
2	570305	238937	Quebrada La Leona -zona alta, afloramiento de lavas	12:40	5.97	17.8	24.1
3	570327	239273	Quebrada Sin Nombre, punto intermedio	13:30	4.98	26	24.9
4	570218	239248	Nacientes con óxidos de hierro	01:40	5.6	48.8	25.3
5	570031	239046	Cauce en plantación abandonada	02:20	5.99	23.6	25.4
6	570082	239266	Lecho de lavas , alcantarilla	02:40	5.84	30.9	25.7
7	570783	239627	Salida de Quebrada La Leona	03:00	6.05	32.2	25.1
8	569906	239503	Puente sobre Q. Catarata	09:30	7.58	89.3	24.1
9	569708	237850	Q. Catarata, paralelo a la tubería de la ASADA La Perla	11:30	7.12	98.4	21.6
10	569711	237855	Tubería del Acueducto de La Perla	11:40	6.68	104.6	21
11	569487	238183	Puente Q. Catarata-arriba del puente.	12:20	7.44	97.9	21.8
12	569687	238578	Q. Sin Nombre, posa con cabezones.	12:45	6.03	32.8	27.4
13	570213	240046	Río Guacimito	13:35	7.66	76	24.5
14	570406	239736	Salida de la Q. Sin Nombre- arriba del puente	02:15	6.4	32.8	25.6

Anexo F

Informe Financiero

ED-2358

Anexo G

Lista de asistencia a la charla
realizada en Villa Franca, Guácimo