

MEDIO AMBIENTE.

El uso de técnicas nucleares, trazadores naturales, para la determinación de la contaminación ambiental, comportamiento de flujos, reservorios y otros, ha sido un área de interés permanente por parte de la Comisión de Energía Atómica, por tal razón ha apoyado las iniciativas dirigidas a llevar a cabo cursos de capacitación y proyectos de cooperación técnica en áreas tales como recursos hídricos subterráneos, manejo de plaguicidas y otros contaminantes; el uso de trazadores para el estudio de flujos de agua subterránea y circulación de agua superficial y en campos geotérmicos. El interés es mejorar la gestión sostenible de los recursos mediante las aplicaciones isotópicas.

Los trazadores naturales o isótopos ambientales constituyen una herramienta muy importante en hidrología; su aplicación se basa principalmente en la determinación de los isótopos ambientales de la molécula de agua, H-2 (Deuterio) y Oxígeno-18, cuyo porcentaje está en función de los cambios de fase del agua durante el ciclo hidrológico, proporcionando información isotópica que indica el proceso al que ha estado sujeta dicha molécula de agua.

Las técnicas isotópicas son ampliamente utilizadas en las aguas subterráneas, pues permiten realizar determinaciones del origen; edad, distribución y calidad de las aguas. En el caso de las aguas superficiales, facilitan la determinación de dinámica de reservorios, fugas a través de diques en reservorios y en túneles de centrales hidroeléctricas, tasa de evaporación, descarga de ríos y transporte de sedimentos



Mediante las técnicas isotópicas se ha logrado incursionar en el análisis de:

- Origen de las infiltraciones de aguas salinas en acuíferos de agua dulce.
- Contaminación de efluentes industriales y urbanos y de prácticas agropecuarias.
- Consecuencias de la deforestación sobre las aguas subterráneas.
- Evaluación de la sobreexplotación de agua subterránea para consumo humano.
- Evaluación de los recursos de aguas subterráneas y el riesgo de contaminación.
- Análisis de la composición y tamaño de reservorios en geotermia y en aguas subterráneas.
- Análisis de fugas en presas y embalses para resguardar el recurso para producción de energía eléctrica.

RECURSOS HÍDRICOS. La protección del medio ambiente es prioritaria y con mayor razón el recurso hídrico superficial y subterráneo en Costa Rica. Las técnicas isotópicas, por sí solas y en combinación con técnicas convencionales, son fundamentales para determinaciones y evaluaciones de las aguas subterráneas que no serían posibles de otra manera. Estas incluyen la determinación de las zonas de recarga, la identificación del origen de ciertos contaminantes y el seguimiento de moléculas de agua para determinar velocidades de transporte y recarga.

Los acuíferos que subyacen el Valle Central tienen gran importancia para la población, ya que proporcionan agua a más de un 60% de los habitantes de la Gran Área Metropolitana (GAM), lo cual equivale a cerca de un millón de personas. Desafortunadamente, estos cuerpos subterráneos de agua son sumamente vulnerables a la contaminación debido a la gran porosidad y permeabilidad de las rocas y los suelos que los cubren y a la alta precipitación de la zona, lo cual facilita el arrastre de sustancias a través del suelo. Es por esto que, desde hace varios años, el Laboratorio de Hidrología Ambiental (LHA) de la Universidad Nacional (UNA) ha venido realizando proyectos para determinar el impacto de las actividades humanas sobre las aguas subterráneas, con la finalidad de proporcionar recomendaciones a las entidades encargadas de la administración de los recursos hídricos en el país que permitan un manejo más racional del mismo.

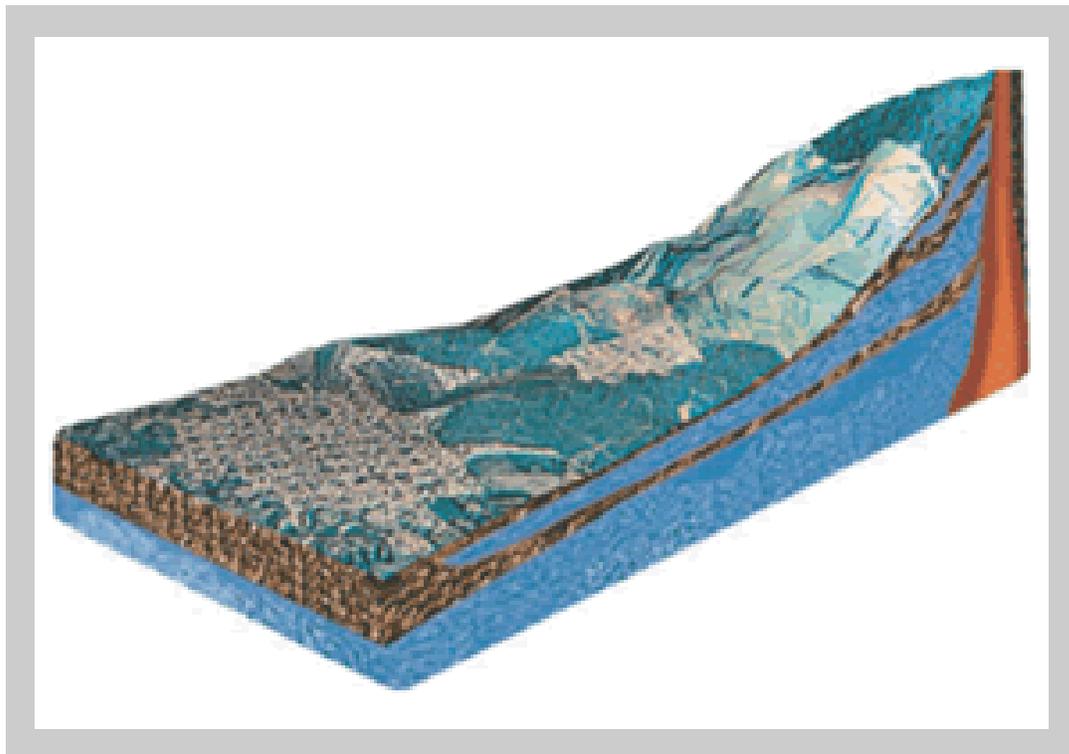
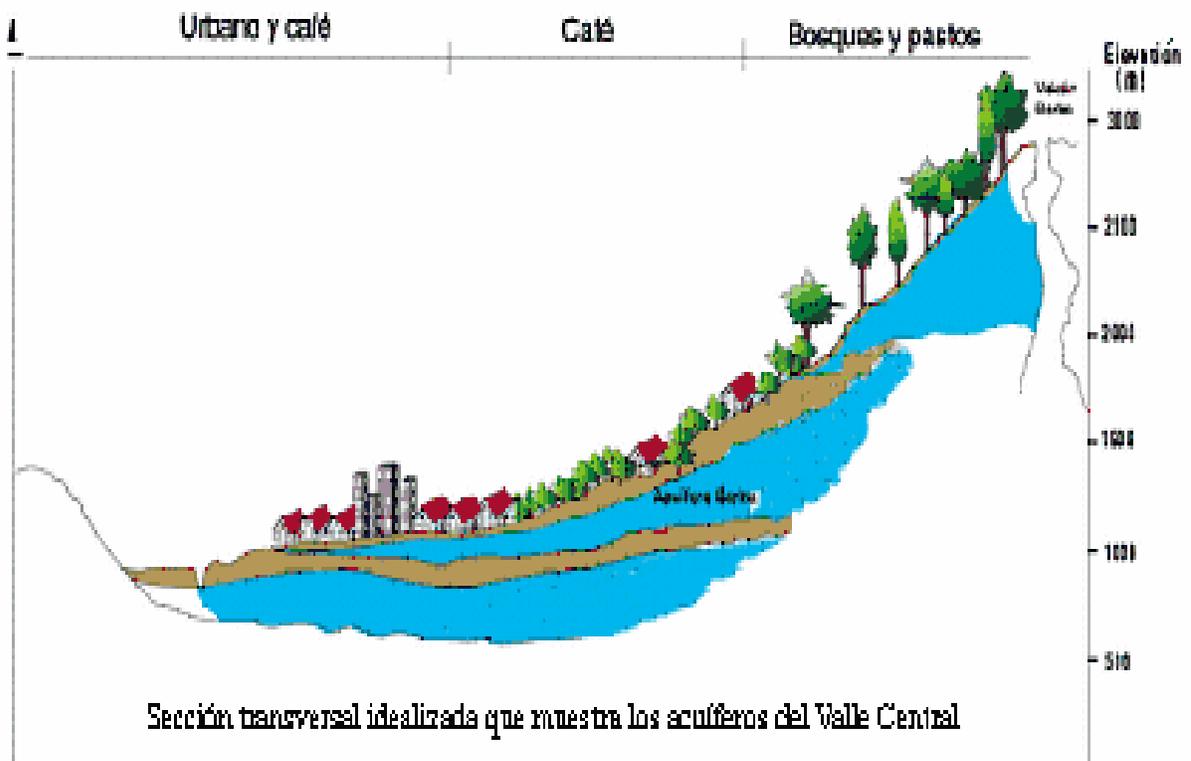


Imagen Acuífero Barba, Heredia, Costa Rica. Laboratorio de Hidrología Ambiental, Universidad Nacional.

El Proyecto Acuífero Barba forma parte de un programa regional de investigación en acuíferos en América Latina, financiado por el Organismo Internacional de Energía Atómica (OIEA) y por la UNA. Para lograr los objetivos se ha utilizado una combinación de técnicas isotópicas y técnicas tradicionales en la determinación de áreas de recarga, flujos y origen de ciertos contaminantes en el acuífero. Primeramente se definió el modelo conceptual de este cuerpo de agua y se estableció una red de monitoreo de aguas de lluvia en las que se analizaron los isótopos ambientales (O^{18} y deuterio), que al compararse con la identidad isotópica de las aguas del subsuelo permitieron determinar las principales áreas de recarga. Las técnicas isotópicas, además, han permitido obtener una especie de “huella digital” de los nitratos en las muestras de agua y así dar seguimiento a este contaminante hasta su origen.

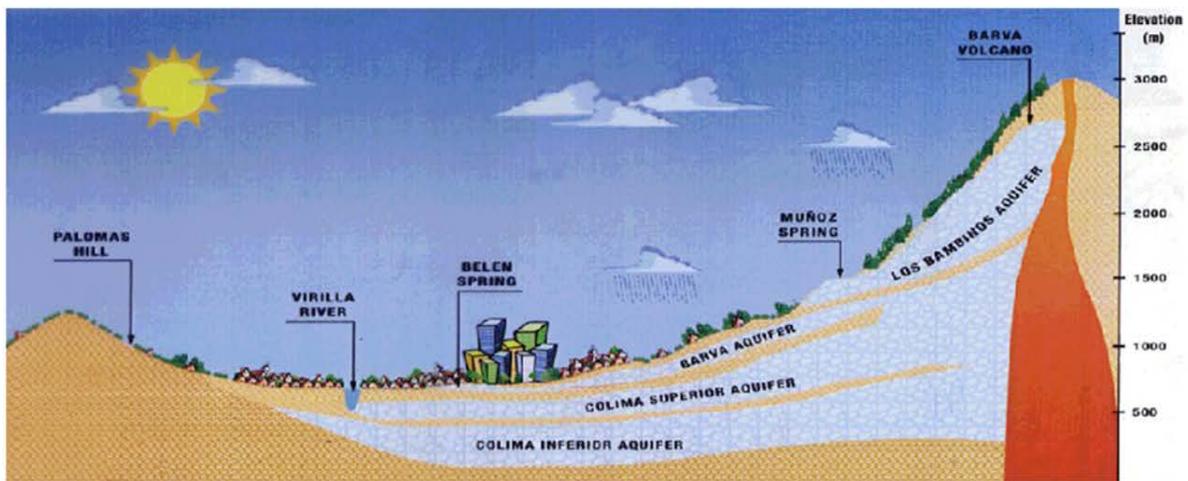


Imagen Acuífero Barba. Laboratorio de Hidrología Ambiental, Universidad Nacional.

Esto ha permitido identificar a los principales culpables de este tipo de contaminación: a) la descarga constante hacia el suelo de sustancias nitrogenadas desde los tanques sépticos, extensamente utilizados en zonas urbanas y rurales y b) los fertilizantes nitrogenados aplicados en las plantaciones de café.



Foto: Muestreo en manantial, Laboratorio de Hidrología Ambiental, Universidad Nacional, Heredia, Costa Rica.



Foto: Río Ciruelas, Laboratorio de Hidrología Ambiental, Universidad Nacional, Heredia, Costa Rica.

El vínculo identificado por el Laboratorio de Hidrología Ambiental entre el desarrollo urbano desordenado, la agricultura y la contaminación del agua subterránea es ahora de conocimiento público. Los resultados de este y otros proyectos apoyados por el OIEA están siendo tomados en cuenta para promover y

justificar la puesta en práctica de regulaciones relacionadas con la disposición de desechos humanos e industriales, el uso de agroquímicos y la planificación urbana. Información adicional:

<http://www.una.ac.cr/hidrologia/proyectos.htm>



Fotos: Funcionarios del Laboratorio de Hidrología Ambiental, en proceso de toma de muestras. Universidad Nacional, Heredia.

Los proyectos de cooperación técnica en el campo de la hidrología isotópica han contribuido a articular el trabajo entre instituciones nacionales, la ejecución proyectos de relevancia nacional han estado a cargo del Servicio Nacional de Riego y Avenamiento (SENARA) quien ha contado con el apoyo de las universidades estatales y especialmente de Centros de Investigación (tales como el CICA-UCR) que cuentan con la infraestructura y laboratorios especializados para el análisis de las muestras obtenidas en las áreas de interés.

En los últimos años el SENARA ha liderado varios proyectos entre ellos el denominado Manejo Sostenible de la zona norte del acuífero del Tempisque, el auge y desarrollo del sector turístico de la provincia de Guanacaste obliga a dicha institución a orientar esfuerzos para generar políticas de adecuado manejo del agua subterránea en dicha zona. El agua subterránea es la principal fuente de agua en el Pacífico Norte de nuestro país. El rápido crecimiento de turismo

representa un desarrollo y un empuje económico importante en la región, sin embargo esto conlleva un impacto en los recursos hídricos. La unidad más extensa e importante en la zona es el sistema acuífero del Tempisque, estudios recientes han sugerido que el acuífero puede encontrarse sobreexplotado, lo que puede poner en riesgo el ciclo de recarga. La zona de recarga, su relación con otros acuíferos cercanos, la calidad del agua subterránea debido a la urbanización, el desarrollo industrial e irrigación, siguen siendo una incógnita. Esclarecer esta interrogante permitirá alcanzar mayor conocimiento sobre el acuífero tempisque y un uso sustentable del mismo.

Una valoración confiable de los recursos hídricos subterráneos disponibles es una de las preocupaciones principales para su desarrollo sostenible. Para poder tener un balance hídrico del sistema acuífero del Tempisque es fundamental conocer las tasas de carga y descarga. No se conoce con exactitud la extensión y ubicación de la zona de descarga, si se ha estimado el volumen de agua que se extrae del acuífero, situación que obliga a profundizar en su conocimiento.

El tritio, deuterio y oxígeno 18 han sido utilizados exitosamente en otras regiones para aclarar el origen del agua subterránea y establecer así, zonas de recarga que se ubican diferentes alturas. El nitrógeno 15 y el oxígeno 18 de la molécula de nitrato son necesarios para conocer la procedencia del nitrato en el agua subterránea de la región y establecer el proceso de desnitrificación que eventualmente esté ocurriendo. Es necesario el empleo de Carbono 14 y tritio en el agua para ayudar a delinear las plumas de contaminación procedentes de los botaderos de basura del agua.

El comportamiento en el ambiente de algunos contaminantes pueden ser seguido usando materiales radiactivos marcados en condiciones controladas; la información obtenida no se encuentra disponible con otros métodos convencionales, por lo tanto se requiere del apoyo de proyectos de cooperación técnica provenientes del Organismo Internacional de Energía Atómica (OIEA) para disponer de las técnicas, del conocimiento y experiencia que en el tema de la hidrología isotópica ha desarrollado.

El fin último de los proyectos que utilizan las técnicas isotópicas en aguas subterráneas es contar con la información requerida para la explotación sostenible de los mantos acuíferos, con el propósito de que las autoridades nacionales velen por la protección y preservación del recurso hídrico del país.

MANEJO DE PLAGUICIDAS Y OTROS CONTAMINANTES. Las técnicas isotópicas y de trazados tienen gran importancia para evaluar el riesgo de contaminación de diversos contaminantes incluyendo los plaguicidas.

El uso de plaguicidas dentro de un Manejo Integrado de Plagas y las Buenas Prácticas agrícolas es una de las preocupaciones del Centro de Investigación en Contaminación Ambiental (CICA), el cual se encuentra en la Universidad de Costa Rica, por ello han llevado a cabo varios proyectos de cooperación técnica

utilizando la técnica de trazadores radiactivos para determinar la presencia y tránsito de los plaguicidas en suelo, agua y alimentos. A la vez se logró que el Centro desempeñe una labor de laboratorio de referencia y tiene las pruebas que realiza acreditadas por los organismos autorizados. La investigación que realiza se ha fortalecido con el desarrollo y aplicación de las técnicas nucleares este avance se ha visto reforzado con el apoyo del proyecto “Residuos Tóxicos y plaguicidas en suelo y agua”.

Debido a la escasa información existente sobre el comportamiento y destino de los plaguicidas bajo condiciones tropicales, establecer como y en qué compuestos (metabolitos) los plaguicidas se degradan, es fundamental para manejarlos y usarlos adecuadamente. Se debe conocer qué papel tienen los plaguicidas y sus metabolitos en los ecosistemas tropicales ya que en muchos casos los metabolitos son más tóxicos que el compuesto original. Se han validado metodologías de análisis de plaguicidas y sus metabolitos como por ejemplo para plaguicidas: carbamatos, etilenbisditiocarbamatos, organofosforados, organoclorados, nitrogenados y muchos otros en aguas, suelos, sedimentos, alimentos y organismos.

Las técnicas radiométricas en los estudios de degradación, metabolismo y destino de los plaguicidas son indispensables ya que fenómenos como el enlace de residuos de ciertos plaguicidas a los componentes del suelo solamente puede ser estudiado si los plaguicidas están marcados con C14. Los proyectos de cooperación permiten además, implementar métodos para el análisis de residuos de plaguicidas en los productos agrícolas, así como estudiar el metabolismo y degradación de los plaguicidas bajo diferentes condiciones contribuyendo con esta información al mejoramiento del uso de plaguicidas en Costa Rica.

Web: www.cica.ucr.ac.cr



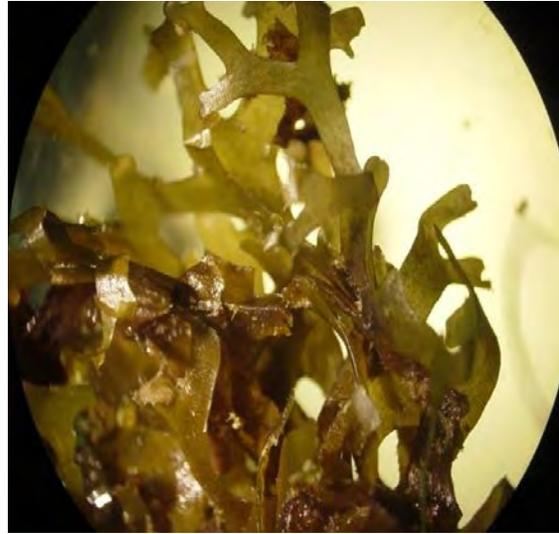
Fotos: Arriba toma de muestras de agua y sedimentos en la parte baja de la cuenca del río Machuca. Debajo muestreo in situ de macroinvertebrados acuáticos, con el fin de determinar las poblaciones de insectos presentes en los diferentes puntos de muestreo localizados en la parte baja de la cuenca del río Machuca y en la parcela productora de sandía.



Fotos: Toma de muestras realizadas por los funcionarios e instalaciones del Centro de Investigación en Contaminación Ambiental (CICA)

CONTAMINACIÓN ALGAS MARINAS. El Centro de Investigación en Ciencias del Mar y Limnología (CIMAR), en colaboración con otros centros tales como: el Centro de Investigación en Contaminación Ambiental (CICA), y el Centro de Investigación en Estructuras Microscópicas (CIEMic), participan en el desarrollo de la cooperación técnica, la investigación y aplicación de técnicas isotópicas mediante el diseño e implementación de sistemas de alerta temprana y evaluación de la inocuidad de florecimientos algales nocivos en las regiones costeras. El problema a resolver es identificar la contaminación causada por toxinas en algas alimento marino que suple necesidades humanas. Por tal razón la contribución a la reducción de los riesgos de salud pública y daños a las economías locales causadas por Floraciones Algales Nocivas (FAN'S) en áreas de América Latina y el Caribe, mediante la detección temprana de toxinas por medio de tecnologías isotópicas es otra de las áreas innovadoras. El interés es desarrollar y/o fortalecer las capacidades en el monitoreo de las toxinas en las fuentes de alimento marino.





GEOTERMIA.

El desarrollo y explotación de los recursos geotérmicos ha contado con una herramienta muy importante para su conocimiento y uso, ésta técnica denominada uso de trazadores isotópicos permite llegar a lugares inaccesibles para el ser humano y dar a conocer las características y composición de los pozos que contienen el recurso geotérmico.

Costa Rica tiene un vasto potencial geotérmico, por lo que se han utilizado técnicas nucleares para obtener información y profundizar en su conocimiento. Por medio del uso de trazadores radiactivos en pozos reinyectores se ha garantizado el potencial del proyecto geotérmico Miravalles y se contribuye a satisfacer a la creciente demanda energética, con un costo razonable para el usuario.

La explotación de los recursos geotérmicos es muy compleja debido a la gran cantidad de factores naturales que intervienen durante este proceso, además de los factores humanos. El factor humano es fácil de analizar y si hubiera errores se podrían detectar rápidamente ya que por lo general se pueden ver y tomar las medidas correctivas necesarias. Los factores naturales son generalmente más difíciles de detectar, no se pueden ver, ocurren por lo general dentro del pozo o en el yacimiento geotérmico y las medidas correctivas usualmente son más drásticas y más difíciles de implementar. Por lo cual hay que darle un seguimiento continuo a la explotación para poder estudiar la evolución que esta teniendo el reservorio y tomar las medidas necesarias que tiendan a minimizar los problemas que se puedan generar.

El plan de monitoreo de la explotación del campo consiste en realizar una serie de mediciones de los parámetros que podrían ser afectados durante la producción, estas mediciones se hacen antes de iniciar la explotación y cada cierto período de tiempo, dependiendo de los resultados que se vayan obteniendo, estas mediciones se pueden hacer con mayor frecuencia o bien se pueden extender en el tiempo. El estudio de los isótopos estables del agua ha resultado ser una

herramienta muy útil para el monitoreo de los procesos que pueden ocurrir en el yacimiento como lo son la ebullición y la mezcla con otros fluidos.

El Centro de Recursos Geotérmicos del Instituto Costarricense de Electricidad, localizado en las faldas del volcán Miravalles, Provincia de Guanacaste ha sido la institución ejecutora del proyecto de cooperación técnica de gran impacto nacional con el nombre de “Explotación Racional de los Recursos Geotérmicos”. El complejo o campo Geotérmico Miravalles inició con la generación de 142.5 MW, representando alrededor de un 10% de la producción eléctrica nacional, las técnicas de trazadores han contribuido a generar el conocimiento sobre el potencial de dicho recurso a fin de lograr el desarrollo sostenible del mismo.

Los proyectos de cooperación técnica han permitido que el Centro de Recursos Geotérmicos del Instituto Costarricense de Electricidad (ICE) incorpore esta tecnología, al sistema de monitoreo complementando las medidas convencionales para obtener un manejo racional del recurso en explotación.

La tecnología nuclear es una herramienta informativa, útil para el monitoreo del campo geotérmico, pero se requiere de las otras técnicas para complementar la información y poder hacer el modelo del campo y obtener la información necesaria para el manejo del yacimiento de forma racional. Los resultados de los proyectos de cooperación técnica han beneficiado directamente el ICE y a la población de Costa Rica.

Estas técnicas de trazadores e isótopos también se han utilizado en la represa de Arenal para estudiar fugas, dinámica de flujo subterráneo, agresividad de las aguas, mezclas, tiempo de tránsito y relaciones con el embalse. En la construcción del proyecto Angostura, en Turrialba, el Instituto Costarricense de Electricidad (ICE) aplicó la experiencia y conocimientos en el uso de trazadores.



Foto: Volcán Arenal, Instituto Costarricense de Electricidad (ICE) Guanacaste, Costa Rica.



Foto: Instituto Costarricense de Electricidad (ICE) Volcán Arenal, Guanacaste, Costa Rica.





Fotos: CICANUM, toma de muestras para análisis de composición de gases y aguas, Volcán Poas, Alajuela, Costa Rica.