

## AREAS DE DESARROLLO

- FORTALECIMIENTO INSTITUCIONAL
- SALUD HUMANA
- AGRICULTURA Y ALIMENTACION
- SALUD Y NUTRICIÓN ANIMAL
- MEDIO AMBIENTE
- INDUSTRIA
- APOYO A LA TECNOLOGÍA NUCLEAR
- INVESTIGACIÓN



### FORTALECIMIENTO INSTITUCIONAL.

La Comisión de Energía Atómica (CEA) forma parte de las instituciones nacionales que integran el sector de ciencia y tecnología desde el año 1997, actualmente cuenta con un representante del Ministerio de Ciencia y Tecnología en la Junta Directiva lo cual ha permitido coordinar esfuerzos para el fortalecimiento de la institución y del sector en su conjunto.

Desde su fundación en 1969, fomenta y promueve las aplicaciones, el desarrollo, la investigación de los usos pacíficos de la energía atómica en los diferentes sectores de la economía nacional. La CEA ha contribuido a realizar eventos de divulgación, capacitación, reuniones de trabajo y análisis a nivel nacional, ha participado en reuniones de relevancia internacional tanto en el campo de la obtención de recursos de cooperación técnica como en actividades técnicas y gerenciales de los proyectos.

Con el apoyo de la Comisión de Energía Atómica de Costa Rica, la aplicación pacífica de la energía del átomo, en las diferentes áreas de desarrollo en nuestro país ha sido una verdadera revolución que se ha plasmado desde la conservación del ambiente, pasando por el mejoramiento de las tecnologías de la salud y el mejoramiento de las semillas para la agricultura entre otras. Esta revolución ha ido provocando cambios sustanciales en la geotermia, la industria, la física e instrumentación nuclear hasta en las capacidades de los recursos humanos y en la información disponible a nivel nacional sobre la temática nuclear. Todo ello ha sido posible por la efectiva coordinación y gerencia de los proyectos nacionales y regionales de cooperación técnica que ha liderado con certeza la CEA en el país.

Campos como la salud, la agricultura, el ambiente, la industria, la investigación, han recibido el apoyo directo de la CEA el cual se plasma en la presentación de programas y proyectos que utilizan la tecnología nuclear para brindar soluciones a los problemas y necesidades de cada sector.

Los proyectos de cooperación técnica han sido utilizados como instrumentos que permiten concretar los Objetivos de Desarrollo Nacional plasmado en los respectivos planes de desarrollo en el país, por ello la CEA da mayor apoyo y

relevancia a aquellas ideas o proyectos que cuentan con un compromiso gubernamental fuerte tanto en recursos económicos como humanos y enmarcados en los objetivos de desarrollo nacional.

Los proyectos han contribuido a revolucionar éstas áreas del desarrollo nacional en busca de un beneficio directo y mejor para la población costarricense, este logro se obtiene gracias al apoyo financiero del Organismo Internacional de Energía Atómica (OIEA), quien cuenta con un programa de cooperación y asistencia técnica para los Estados Miembros.

La Comisión de Energía Atómica orienta y promueve el mejor uso de la cooperación técnica, coordina y apoya el desarrollo de infraestructura, actividades de enseñanza y capacitación, promueve la creación de capacidades en las ciencias nucleares y el conocimiento de las tecnologías especializadas para resolver problemas de interés nacional, todo lo anterior mediante la cooperación técnica internacional y especialmente de aquella suministrada por el OIEA a los Estados Miembros para el uso pacífico de la energía atómica.



Fotografías: Participantes en la actividad “Foro Nacional Usos Pacíficos de la Energía Atómica en Costa Rica. Presentación de Resultados”, San José, Costa Rica, organizado por la Comisión de Energía Atómica de Costa Rica. 25 de noviembre 2010.



Fotos: Mes de la Ciencia y Tecnología, semana a cargo de la Comisión de Energía Atómica: **Semana de los usos pacíficos de la energía atómica en Costa Rica. 40 Aniversario de la Comisión de Energía Atómica de Costa Rica, 24 al 28 de agosto 2009.**



Fotos: **Primera Reunión de Coordinación del Proyecto Regional Apoyo a la Infraestructura de Protección Radiológica mediante la Enseñanza y Capacitación.** Lima, Perú 1 al 4 de noviembre de 2010.



Fotos: Participación de la delegación costarricense integrada por representantes del Ministerio de Relaciones Exteriores y Culto y de la Comisión de Energía Atómica de Costa Rica en la **“54 va Conferencia General del Organismo Internacional de Energía Atómica (OIEA)”**, la Reunión Anual del ORA, en la Celebración de los 25 años del Acuerdo Regional ARCAL y en el Foro científico sobre el Cáncer. Setiembre 2010.

A continuación un resumen de las áreas que a través de los últimos 43 años ha apoyado la Comisión de Energía Atómica en el desarrollo nacional.

## **SALUD HUMANA.**

Las aplicaciones pacíficas de la energía atómica en el área de salud humana son muy amplias y en nuestro país ha sido fuertemente apoyado por la Comisión por ser una de las prioridades nacionales en los últimos años. En la mayor parte de los Programas Nacionales de Proyectos de Cooperación Técnica propuestos y aprobados para cada bienio por la CEA y sometidos a consideración del OIEA, se han presentado proyectos específicos que apoyan a esta Área de desarrollo.

En el área de Salud Humana se han apoyado sectores tales como la **Medicina Nuclear, Radiofarmacia, Radioterapia, Radiología, Radiodiagnóstico, Inmunología, Producción de tejidos y piel humana, Nutrición, Protección Radiológica para el paciente y para el trabajador ocupacionalmente expuesto así como para el público en general**, se han beneficiado con el aporte que les ha brindado los proyectos de cooperación técnica apoyados por la CEA y financiados por el OIEA:

La cooperación técnica ha permitido desarrollar y fortalecer entre otros grandes temas los siguientes:

- **la selección, adquisición, preparación y el control de calidad de radiofármacos para el diagnóstico y tratamiento de enfermedades en los servicios de medicina nuclear;**
- **los diagnósticos y los tratamientos médicos;**
- **adquirir nuevos equipos altamente especializados, equipos de laboratorio, aprender nuevas tecnologías tales como gama cámaras, sondas radiactivas, la técnica SPECT entre otras;**
- **consolidar el mantenimiento y servicio de instrumentación nuclear;**
- **mejorar la protección de los pacientes y de los trabajadores por medio de normas y procedimientos seguros;**
- **capacitar a los técnicos, médicos y demás profesionales que utilizan radiaciones ionizantes en los Hospitales Nacionales, Universidades Estatales, clínicas, relacionadas con el sector salud;**
- **establecer protocolos de producción in Vitro para piel humana;**
- **mejorar el tratamiento de pacientes con enfermedades de la piel;**
- **implementar un sistema de producción de piel humana para mejorar la recuperación de pacientes con afecciones epidérmicas.**
- **el uso de técnicas nucleares para hacer frente a la doble carga de la malnutrición y déficit de hierro, inflamación, composición corporal y factores de riesgo metabólico en niños escolares.**

En el área de la protección radiológica, la adopción de estándares de protección radiológica, de acuerdo con la Comisión internacional de protección radiológica, el Organismo Internacional de Energía Atómica (OIEA) y las instituciones de regulación nacional, permiten realizar funciones esenciales con el apego a procedimientos técnicos especialmente en el Salud Humana.

En medicina nuclear existen nuevas técnicas para tratar la uropatía obstructiva, sepsis urinaria, enfermedad de Legg-Perthes, tratamiento de lesiones del corazón y del sistema nervioso central, diagnóstico y tratamiento de enfermedades tiroideas, uso de sondas radiactivas para detección del ganglio centinela, así como la radioterapia metabólica, cardiología nuclear y otras de gran importancia para la salud de los pacientes.

En radioterapia un aspecto importante ha sido la capacitación en el área de la física médica y dosimetría, el apoyo para el suministro de los equipos y accesorios de radioterapia, la elaboración y puesta en marcha de programas de radioterapia con garantía de calidad, la realización de auditorías de calidad en los servicios de los hospitales nacionales.

En otros sectores también se utilizan nuevas metodologías para detectar y tratar el cáncer de mama y cervix; diagnóstico del cromosoma X Frágil, alérgenos ambientales, en el tamizaje y diagnóstico de hepatitis B y C; diagnóstico de la bacteria Helicobacter Pylori, control de calidad de Rayos X, entre otras.



Fotos: Hospital San Juan de Dios, Servicio de Medicina Nuclear, a cargo de la ejecución de proyectos nacionales y regionales para mejoramiento de las tecnologías y procedimientos clínicos especializados en medicina nuclear.



Se establece mediante la cooperación técnica internacional así como con el apoyo interinstitucional, la incursión en áreas innovadoras tales como el uso de la tecnología de irradiación para la esterilización y producción de tejidos a fin de atender a pacientes con quemaduras y enfermedades epidérmicas. El Instituto Tecnológico de Costa Rica ha liderado varios proyectos nacionales y regionales con el fin de desarrollar el tema y brindar servicios para el tratamiento de piel y en un futuro cercano el establecimiento de infraestructura de irradiación para usos médicos entre otros.



Foto: "Reunión de Expertos preparatoria de una versión en español actualizada del Código de Práctica del OIEA sobre los requerimientos para la validación y control de rutina en la esterilización de tejido humano para injerto". Santo Domingo de Heredia, Costa Rica 21-24 Junio del 2010

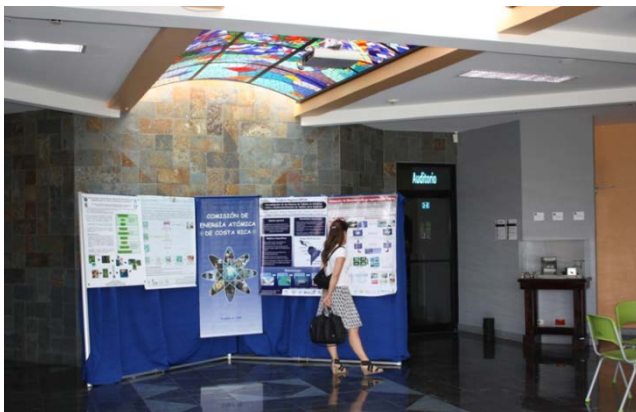


Foto: Foro Usos Pacíficos de la Energía Atómica: Perspectivas para Costa Rica, organizado por el Instituto Tecnológico de Costa Rica, viernes 25 de Junio de 2010. Auditorio Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales. Universidad de Costa Rica. San José, Costa Rica.



Fotos: Visita del Dr. Miguel Rojas, Coordinador del Proyecto al Tissue Bank, Singapore General Hospital, Agosto 2010

Foto: Visita del Dr. Miguel Rojas, Coordinador del Proyecto RLA6062, ARCAL CVIII Consolidación de Bancos de Tejidos en Latinoamérica y Esterilización por Radiaciones de Aloinjertos de Tejidos, en el mes de agosto 2010 al Tissue Bank, National University of Singapore. Prof. Aziz Nather, Director Banco, Licdo. Luis Fernando Cordero A. Embajador de Costa Rica en Singapur.

Por otra parte, el uso de técnicas nucleares para hacer frente a la doble carga de la malnutrición, es un campo de relevancia para nuestro país y la Región de América Latina y el Caribe. Actividades de cooperación técnica se llevan a cabo con el fin de contribuir a resolver problemas de salud nutricional tales como determinar la asociación entre el déficit de hierro, inflamación, composición corporal y factores de riesgo metabólico en niños con malnutrición en niños escolares, lo anterior permite analizar la composición corporal por la técnica isotópica de dilución por deuterio, perfil de micronutrientes mediante pruebas bioquímicas y gasto energético y actividad física utilizando monitores. Resultados permitirán dar directrices y tomar acciones para atender los problemas de nutrición humana que existen en América Latina y El Caribe.



## **AGRICULTURA Y ALIMENTACION.**

El mejoramiento de cultivos agrícolas se ha visto altamente apoyado por medio de la tecnología nuclear, al respecto cabe señalar en esta área el uso de la técnica de mutaciones inducidas para mejoramiento genético de plantas de gran importancia económica, tales como el arroz, el banano, raíces y tubérculos, el frijol, etc.

Desde la década de los años 70s se ha venido utilizando las irradiaciones ionizantes, especialmente los rayos gamma, como agentes capaces de inducir mutaciones en plantas. Esta capacidad mutagénica ha sido importante para ampliar enormemente la variabilidad genética de un cultivo, mediante una alteración en los genes, específicamente en el orden de las bases nitrogenadas, lo cual determina cambios en el código genético y por ende, en las características fenotípicas de las plantas.

Como resultado de estos cambios, se producen muchos caracteres que resultan negativos para la adaptación de las plantas. Sin embargo, algunas veces estos cambios son útiles y sobre todo, mediante esta metodología es posible reestablecer caracteres que por selección natural o artificial han desaparecido del fondo genético de un cultivo. Por otro lado, muchos caracteres importantes desde el punto de vista agronómico, se encuentran incluidos en grupos de ligamento de genes, que por irradiación pueden ser rotos, permitiendo la expresión fenotípica y su utilización.

De acuerdo al registro de datos del Programa Conjunto FAO/OIEA, hasta el año 1997, habían sido producidas un total de 1847 variedades vegetales mediante la técnica de inducción de mutaciones. De ellas, 1357 corresponden a cultivos alimenticios, de los cuales 869 son cereales, dentro de los cuales está el arroz. Durante los últimos años, el número de variedades de arroz producidas por inducción de mutaciones en el mundo, ha venido aumentando, tanto las producidas en forma directa, como las que se producen utilizando mutantes como uno de los progenitores en cruzamientos.

Mediante técnicas de mutación inducida se han desarrollado variedades agrícolas resistentes a las condiciones ambientales, control de maduración, mejoramiento genético de semillas, resistencia a las enfermedades y eficiencia del rendimiento agronómico.

El mejoramiento del cultivo del arroz en nuestro país se ha logrado por medio del uso de las técnicas de mutaciones inducidas. La participación en los proyectos nacionales y regionales de cooperación técnica ha permitido la evaluación de mutantes en cultivos de cereales, para el mejoramiento de la eficiencia del cultivo del arroz. Por medio de la mutagénesis in Vivo e in Vitro, se seleccionó la línea Camago 8, como variedad arroceras comercial para Costa Rica. Con el aporte de otros proyectos de cooperación técnica ha sido posible la identificación de virus y viroides que afectan cultivos importantes como palma aceitera, banano, plátano, frijol y cítricos.

El aporte de las técnicas de mutaciones inducidas ha contribuido a:

- Mejorar el cultivo del arroz, se ha demostrado con la obtención de una variedad de arroz con un grano de gran calidad y resistente a enfermedades y condiciones ambientales tales como la salinidad de los suelos, los fuertes vientos, etc. Se logró la plena participación de los productores en las actividades del proyecto y finalmente la distribución de la semilla de arroz con características
- Se establecieron parcelas de demostración para la promoción de variedades producidas por muta génesis en las principales regiones productoras de arroz del país, además de resistencia a enfermedades y de excelente calidad.
- En el caso de otros productos como el frijol, se desarrollaron protocolos para la inducción de mutaciones utilizando la técnica de cultivo in vitro con el fin de evaluar la tolerancia a la enfermedad (hongo) *Mustia Hilachosa* y el agente causante de dicha enfermedad *Rhisoctoniasolani*. Las líneas con características deseables se evalúan para la distribución entre los productores nacionales y regionales (Centroamerica) con el fin de mejorar la generación de líneas promisorias de frijol, contribuir con la transferencia tecnológica y mejorar la calidad de vida de los agricultores así como la alimentación.
- Mediante publicaciones científicas de los participantes en los proyectos de cooperación técnica se han plasmado las experiencias desarrolladas en nuestro país en el caso de las técnicas de mutaciones inducidas en los cultivos agrícolas de importancia económica tales como el arroz, el banano, el frijol y tubérculos.



Foto: Mejoramiento genético del arroz en Costa Rica, participación del Laboratorio de Cultivo de Tejidos, Universidad Nacional, Heredia.



Foto: Colaboración brindada por el Programa PITTA-FRIJOL, Ministerio de Agricultura y Ganadería de Costa Rica para el desarrollo de proyectos de cooperación técnica para el mejoramiento genético del frijol y lograr resistencia al hongo *Mustia Hilachosa*.

## **CONTROL DE PLAGAS.**

Costa Rica y el resto de los países de América Central son importantes productores de una gran variedad de frutas gracias a sus condiciones agroclimáticas. Esas condiciones también favorecen la propagación de diversas plagas, sobre todo la mosca mediterránea de la fruta *Ceratitis capitata* y otras especies del género *Anastrepha*. La presencia de las moscas de la fruta representa un serio impedimento al consumo y exportación de frutas por lo que su control es una circunstancia ineludible en los países que poseen esta plaga.

Los productores de frutas sufren pérdidas incalculables por el daño que esta plaga causa, así como los gastos que conlleva su control en el campo. Además, existen otros gastos relacionados con los tratamientos posteriores a la cosecha que se realizan antes o durante el envío de las frutas para cumplir con las regulaciones de cuarentena de los países importadores. La nueva obligación internacional impuesta a las Partes Contratantes de la Convención Internacional de Protección Fitosanitaria (CIPF), FAO (1997) de reconocer áreas libres y de escasa prevalencia de plagas como medidas fitosanitarias aceptables, ha creado nuevas oportunidades comerciales entre los países.

Un área libre de plagas es aquella en la que se demuestra por medios científicos que no está presente una plaga determinada y donde, cuando es oportuno, esta situación se mantiene oficialmente. Esta estrategia exige un elevado nivel de actividad interna de los factores de lucha contra las plagas, con el fin de formar y mantener esas áreas. Además se necesita un alto nivel de colaboración nacional y regional, tanto del sector público como de la empresa privada y de la sociedad civil en general, para que así sea.

El Servicio Fitosanitario del Estado, Ministerio de Agricultura y Ganadería, ha visto en la Técnica del Insecto Estéril (SIT) una excelente opción para erradicar las plagas que afectan a la agricultura de nuestro país, es decir a productos tan importantes como son los cítricos y otros frutales, especialmente aquellos dirigidos a los mercados de exportación, por ello está llevando a cabo un proyecto de vigilancia fitosanitaria en el área circundante a la Hacienda Los Inocentes y zonas circunvecinas ubicadas en el distrito de Santa Cecilia, Cantón La Cruz, Guanacaste, para determinar la incidencia de la mosca del Mediterráneo y algunas especies de moscas del género *Anastrepha*.

Hoy se puede demostrar científicamente que la técnica SIT ha contribuido a declarar la zona libre de Mosamed; otras plagas que se pretenden erradicar es la mosca del Mango, *Anastrepha*. Otros esfuerzos se están dirigiendo al establecimiento de una zona piloto libre de *Ceratitis capitata* en Los Inocentes, La Cruz, Guanacaste, lo cual traerá grandes beneficios y se pretende ampliar para que abarque a otros productores de otras zonas del país. Las estrategias de erradicación utilizarían una combinación de herramientas apropiadas mediante un enfoque de sistemas incluyendo: **Técnica del insecto estéril, control mecánico, tratamiento químico amigable con el ambiente y control biológico.**

Por medio del apoyo de la cooperación técnica brindada por la Comisión de Energía Atómica, el Servicio Fitosanitario del Estado, ha realizado esfuerzos para capacitar al recurso humano capacitado en diversas áreas de moscas de la fruta. Además a nivel nacional impulsó el establecimiento y mantenimiento del estatus de área libre de moscas de la fruta, lo cual redundará en la calidad de los productos y requerimientos del mercado internacional.

La cooperación técnica ha permitido la adquisición de materiales y equipo para la planta de producción que contribuyó a darle las condiciones requeridas. Sin embargo, se requiere un esfuerzo importante por parte del Gobierno de Costa Rica para que se brinde el apoyo para el mantenimiento del estatus de país libre de Moscas cuarentenarias de las frutas.



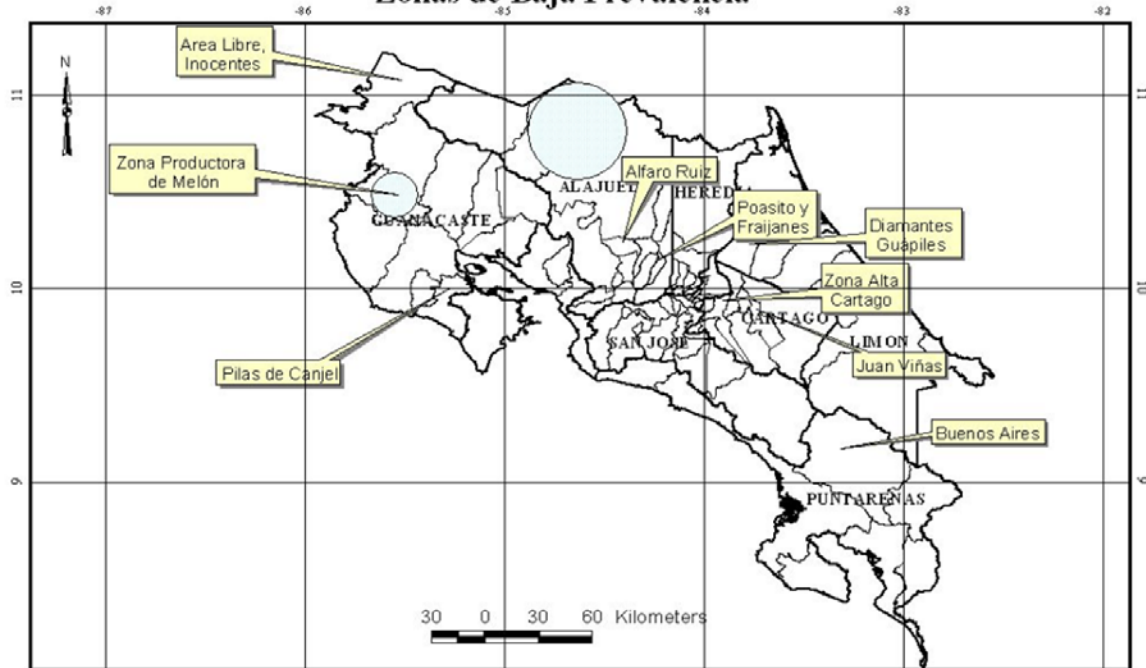
Fotos: Ejemplares de moscas y plantas originarias de Costa Rica. Utilización de la Técnica del Insecto Estéril (SIT) en mosca del mediterráneo, *Ceratitis capitata*, *Anastrepha*, Servicio Fitosanitario del Estado, Ministerio de Agricultura y Ganadería. Servicio Fitosanitario del Estado, Ministerio de Agricultura y Ganadería.



Ministerio de Agricultura y Ganadería  
Servicio Fitosanitario del Estado  
Programa Nacional Moscas de la Fruta



Zonas de Baja Prevalencia



Fuente: Programa Nacional Moscas de la Fruta. Elaborado por UPDI, 18 de marzo, 2008



Foto: Instalación de la fuente o equipo de Rayos X, utilizado en la técnica del insecto estéril, Servicio Fitosanitario del Estado, Ministerio de Agricultura y Ganadería.

## **SALUD Y NUTRICIÓN ANIMAL**

La buena salud y nutrición del ganado bovino y porcino, así como las aves de corral, es muy importante para la economía del país. Por otra parte, determinar la presencia de medicamentos en los productos cárnicos de consumo humano es una preocupación y por ello validar las técnicas para garantizar la inocuidad de los alimentos para exportación y consumo interno.

En Costa Rica se utilizan técnicas nucleares para los diagnósticos, monitoreo y control de leucosis viral bovina, babesiosis, hemoparásitos, garrapatas y enfermedades transmitidas por las garrapatas, así como el mejoramiento de la productividad por inseminación artificial. Las instituciones nacionales que han aplicado las técnicas nucleares para resolver problemas de nutrición y salud animal han sido el Laboratorio Regional Veterinario, Regional Huetar Norte, del Ministerio de Agricultura y Ganadería y la Escuela de Medicina Veterinaria y el Programa de Investigación en Enfermedades Tropicales (PIET) de la Universidad Nacional.

Por la excelente labor que presta el Centro de Diagnóstico de Enfermedades Infecciosas, EMV- PIET/, el Programa ARCAL del OIEA, este organismo lo denominó como un Centro Designado por ARCAL, para que brinde los servicios de diagnóstico en enfermedades infecciosas y centro de referencia para la taxomanía, en el campo de enfermedades infecciosas de salud animal. La experiencia acumulada por muchos años le ha permitido a PIET el aislamiento e identificación de más de 174 patógenos animales así como el diagnóstico y vigilancia permanente de enfermedades transmisibles reconocidas y emergentes de animales y zoonóticas.

A partir de la decisión de ARCAL el PIET, que tiene amplia experiencia en el campo de la extensión y la docencia, juega un papel primordial en la ejecución de aquellas actividades asociadas a los proyectos regionales ARCAL. De esta forma, Costa Rica pasa a ser parte de una importante lista de países en los que existen Centros Designados por ARCAL.

El PIET ha participado ampliamente en proyectos conjuntos con los centros de investigación más prestigiosos del país, como lo son el Instituto Clodomiro Picado, el Centro de Investigación en Biología Celular y Molecular, la Unidad de Microscopía Electrónica y Facultad de Microbiología, todos de la Universidad de Costa Rica y la Escuela de Medicina Veterinaria de la Universidad Nacional. Además, colabora de manera amplia con la sección de Salud Animal del Ministerio de Agricultura y Ganadería, MAG así como con INCIENSA, dependencia del Ministerio de Salud. El trabajo de investigación de alto nivel que ejecuta el PIET le ha permitido, además, desarrollar excelentes relaciones de colaboración con todos los laboratorios regionales y de diagnóstico en enfermedades infecciosas del área centroamericana, entre otros de gran prestigio internacional.

En los últimos años y como consecuencia de los Acuerdos comerciales internacionales la salud animal y productos cárnicos para la exportación toman gran relevancia. En el marco de la cooperación técnica regional se han unido esfuerzos para establecer una red regional de laboratorios nacionales y de referencia para las sustancias farmacológicamente activas y los contaminantes presentes en los alimentos de origen animal mediante la aplicación de técnicas nucleares y convencionales aprobadas.

El Laboratorio Nacional de Servicios Veterinarios (LANASEVE) del Servicio Nacional de Salud Animal (SENASA) organismo bajo la dirección del Ministerio de Agricultura y Ganadería, participa activamente en el proyecto regional de cooperación técnica, el interés es ampliar, establecer y validar las técnicas para la determinación antibióticos y otros químicos contaminantes de uso veterinario en tejidos de animales, alimentos cárnicos que pueden afectar la salud humana y el medio ambiente. El interés es contar con protocolos armonizados, compartir conocimientos, lograr la transferencia de tecnología para controlar y cumplir con las exigencias para la salud humana y los mercados de exportación.





Foto: Laboratorio Nacional de Servicios Veterinarios (LANASEVE) del Servicio Nacional de Salud Animal (SENASA).Área de Salud Animal. Preparación y extracción de benzimidazoles en leche y músculo bovino.



Foto: Laboratorio Nacional de Servicios Veterinarios (LANASEVE) del Servicio Nacional de Salud Animal (SENASA) Ministerio de Agricultura y Ganadería. Equipo empleado en la determinación de benzimidazoles HPLC/Fluorescencia).

**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.

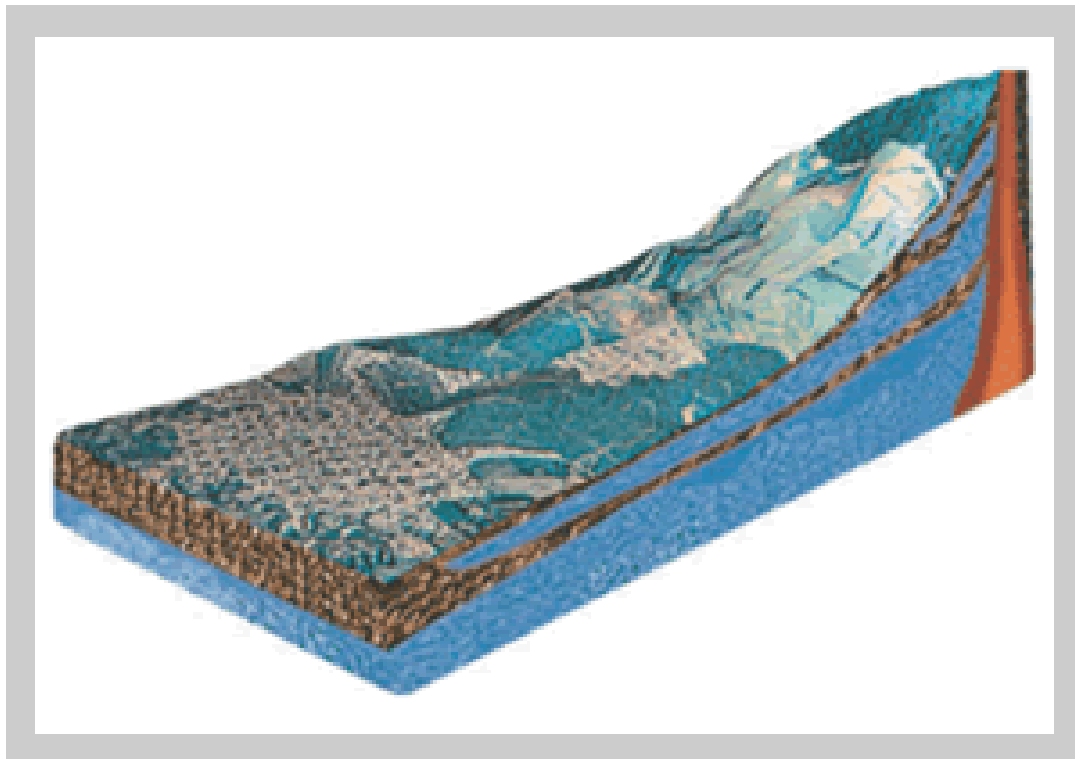
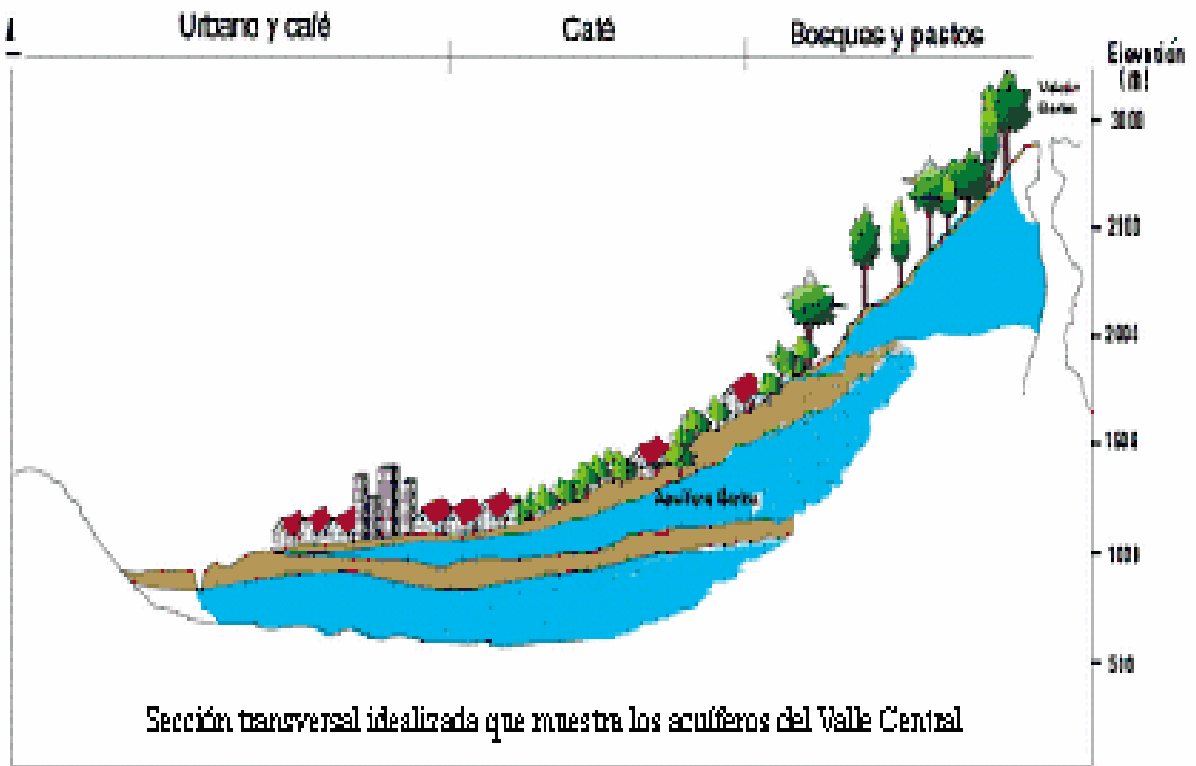


Imagen Acuífero Barba, Heredia, Costa Rica. Laboratorio de Hidrología Ambiental, Universidad Nacional.

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.

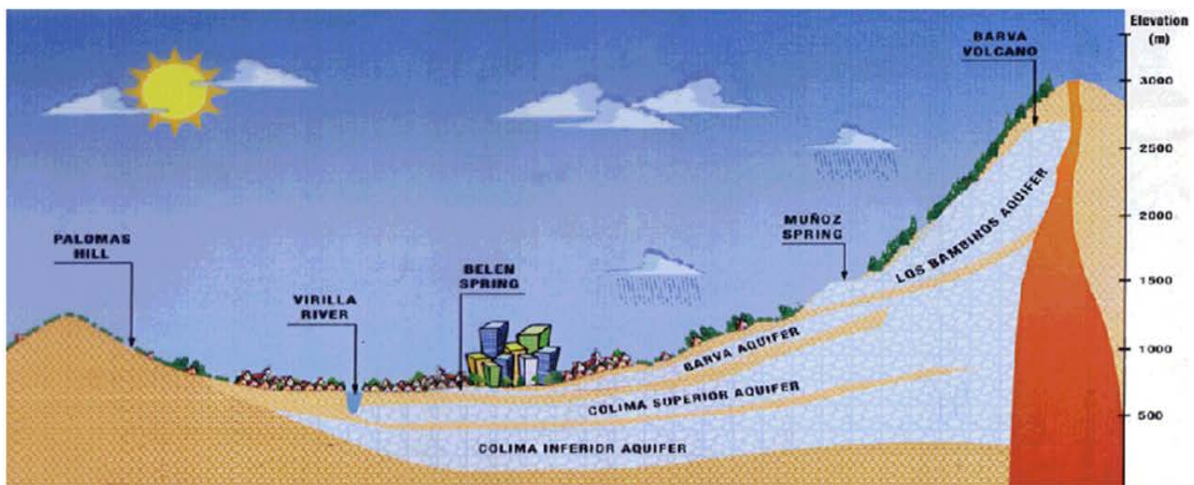


Imagen Acuífero Barba. Laboratorio de Hidrología Ambiental, Universidad Nacional.

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](http://www.cica.ucr.ac.cr)



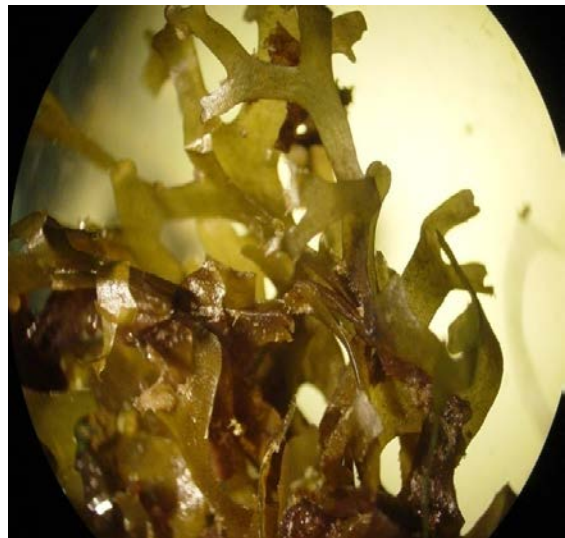
Fotos: Arriba toma de muestras de agua y sedimentos en la parte baja de la cuenca del río Machuca. Debajo muestreo in situ de macroinvertebrados acuáticos, con el fin de determinar las poblaciones de insectos presentes en los diferentes puntos de muestreo localizados en la parte baja de la cuenca del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

Esta técnica de trazadores e isótopos también se ha 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.

## INDUSTRIA.

Uno de los avances importantes en el campo industrial fue el establecimiento del Laboratorio de Control Radiográfico en el Instituto Tecnológico de Costa Rica (ITCR) para dar servicio a las instalaciones industriales. El laboratorio da soporte al curso "Control tecnológico" de la carrera de Ingeniería Metalúrgica y de la licencia de Mantenimiento Preventivo en el área de Mantenimiento Industrial. También han sido desarrollados protocolos radiográficos e instrucciones para identificación y medición de la corrosión en tuberías e instalaciones industriales.

Por medio de la cooperación técnica se ha logrado desarrollar técnicas para la solución de problemas de diagnóstico de equipo e instalaciones que se presentan regularmente en una planta, utilizando trazadores, sistemas de control nucleónico y perfilaje gamma, de forma que se pueda incrementar la eficiencia en plantas petroquímicas, agropecuarias y de generación eléctrica. Por otra parte, se ha logrado formar cuadros técnicos y profesionales multidisciplinarios dentro del Instituto Tecnológico de Costa Rica para una adecuada transferencia de la tecnología de diagnóstico isotópico. Algunos de los temas en que se han capacitado los funcionarios del ITCR, son. Trazadores, modelado, seguridad radiológica, sistemas de control nucleónico, perfilaje gamma.

Con la experiencia adquirida y ante nuevas necesidades de tecnología, el ITCR está llevando a cabo estudios para la instalación de un irradiador con fines industriales que brindará múltiples servicios y principalmente al Banco de Tejidos y en el área médica.





Fotos: Exposiciones y demostraciones sobre seguridad y protección radiológica en la industria. Mes de la Ciencia y Tecnología, semana a cargo de la Comisión de Energía Atómica: Semana de los usos pacíficos de la energía atómica en Costa Rica. 40 Aniversario de la Comisión de Energía Atómica de Costa Rica, 24 al 28 de agosto 2009.

## **APOYO A LA TECNOLOGÍA NUCLEAR.**

Toda actividad o proyecto que utilice la tecnología nuclear requiere de áreas de apoyo por tal razón los países deben invertir recursos en otras áreas que complementen aquellas tecnologías especializadas o de gran envergadura.

Casi todos los países de América Latina han desarrollado las diversas áreas o esferas de las ciencias nucleares aplicadas, las actividades, prácticas, ensayos y aplicaciones en general requieren de instrumentos nucleares específicos. El equipo puede ser sencillo como son los contadores de radiación portátiles o muy avanzados como el caso de analizadores multicanales, cámaras gamma, aceleradores lineales. La necesidad de contar con laboratorios de instrumentación nuclear en la región de América Latina y El Caribe es esencial.

Ha sido interés de la Comisión de Energía Atómica y del Acuerdo Regional ARCAL contribuir al establecimiento, fortalecimiento de laboratorios especializados en instrumentación nuclear así como la continua capacitación de recursos humanos que laboran en el mantenimiento y revisión de instrumentos nucleares.

El Laboratorio Nacional de Instrumentación Nuclear (LANIN), localizado en el Centro de Investigación en Ciencias Atómicas, Nucleares y Moleculares (CICANUM- Universidad de Costa Rica) continúa brindando el mantenimiento correctivo-preventivo, calibración y control de calidad en equipos electrónicos a diferentes instituciones y empresas públicas y privadas del país, especialmente a lectores de TLD Harshaw, modelos 4000, 4500, 5500 y 6600. Además se ha trabajado en la modernización de los laboratorios de referencia (laboratorio terciario) y laboratorio de espectroscopia, utilizando la interfase DAC 52 y el Lab View. Se elaboró un software para la adquisición de datos para dosimetría personal. Con este se puede modificar la información generada por un equipo de TLD por medio de internet desde dos instituciones diferentes.



Foto: Laboratorio Nacional de Instrumentación Nuclear (LANIN), localizado en el Centro de (CICANUM- Universidad de Costa Rica).



Fotos: Pruebas de calibración de matrices, Laboratorio Nacional de Instrumentación Nuclear (LANIN), localizado en el Centro de (CICANUM- Universidad de Costa Rica).



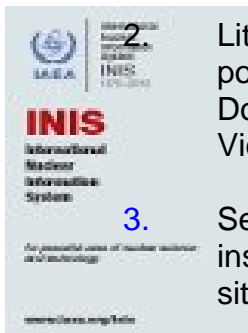
Fotos: Participantes en el curso regional de capacitación para la actualización en la utilización de controladores lógicos programables PLCs, celebrado en julio del 2010 en las instalaciones de la Escuela de Física. Universidad de Costa Rica. Proyecto Regional ARCAL: Actualización de conocimientos, introducción de nuevas técnicas y mejora de la calidad de las actividades de instrumentación nuclear.

## INFORMACIÓN NUCLEAR.

Otra área de apoyo relevante para el desarrollo de la tecnología nuclear es poder acceder a la información técnica nacional e internacional publicada sobre los usos pacíficos de la energía nuclear. Contar con información actualizada es fundamental para el desarrollo de la investigación, y el apoyo de los proyectos de cooperación técnica nacional y regional, así como para las aplicaciones de dicha tecnología en general.

En este campo, el principal logro en nuestro país es el establecimiento y funcionamiento del Centro o Servicio de Información Nuclear localizado en el Sistema de Información, Bibliotecas y Documentación (SIBDI) de la Universidad de Costa Rica, que ofrece:

1. Información detallada y acceso a las bases de datos disponible a nivel internacional sobre el tema nuclear. <http://www.iaea.org/OurWork/ST/NE/Library/>



2. Literatura en ciencia y tecnología nucleares, en especial la producida por el OIEA y disponible en el Sistema Internacional de Documentación Nuclear (INIS), ubicado en la sede del OIEA en Viena Austria. <http://www.iaea.org/inis/>

3. Servicios de redes entre los países latinoamericanos que cuentan instituciones nucleares y con centros de información nuclear. En el sitio Web: [www.sibdi.bldt.ucr.ac.cr](http://www.sibdi.bldt.ucr.ac.cr)

4. Recopila la información generada en el país como resultado de los documentos de publicaciones, informes técnicos y resultados producto de la investigación realizada por los científicos que integran los proyectos de cooperación técnica. [www.sibdi.bldt.ucr.ac.cr](http://www.sibdi.bldt.ucr.ac.cr)



## **INVESTIGACIÓN.**

Desde el inicio de las aplicaciones pacíficas de la energía atómica en el país, el área de investigación ha sido desarrollada principalmente por las universidades estatales.

Entre los institutos nacionales que mayormente han recibido gran apoyo de la cooperación técnica brindada por el Organismo Internacional de Energía Atómica, es el Centro de Investigación en Ciencias Atómicas Nucleares y Moleculares (CICANUM), ubicado en la Universidad de Costa Rica, como su nombre lo indica el desarrollo de la temática de investigación en el campo de las ciencias físicas y nucleares ha sido su fortaleza.

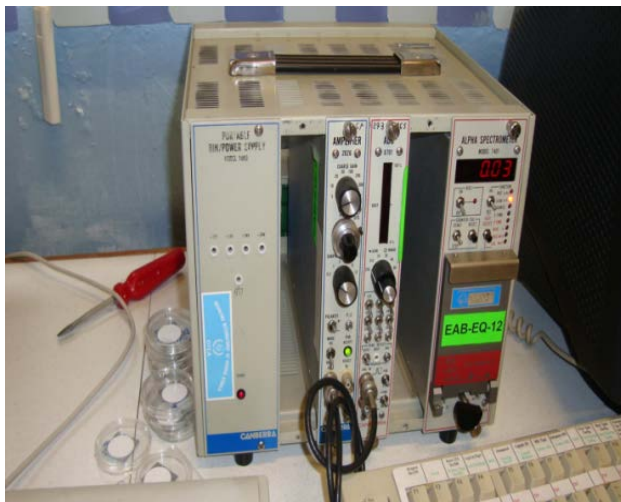
El Centro ha publicado los resultados de sus investigaciones en revistas nacionales e internacionales, ha mantenido relaciones en el campo de la investigación con distintos centros nacionales e internacionales de investigación. Realiza cursos internacionales con la colaboración del Organismo Internacional de Energía Atómica, en los campos de fluorescencia de rayos X, electrónica nuclear y física nuclear.

Por otra parte, ha desarrollado proyectos de investigación en el ámbito interdisciplinario, dentro del marco de la realidad nacional en las áreas de la salud, agricultura, geofísica e industria. Impartir cursos teóricos y de laboratorio a los estudiantes de la Escuela de Física y al Sistema de Estudios de Posgrado. Presta servicios de análisis a la industria nacional, utilizando las técnicas de fluorescencia de rayos X, conteo de bajo nivel y trazos nucleares y capacita al personal de investigación por medio de recursos internacionales y visitas científicas a centros e institutos de reconocido prestigio.

El CICANUM investiga entre otros temas los Trazos nucleares detectores de estado sólido; la radiometría de radiación gamma y alfa; la fluorescencia de rayos X; la dosimetría de radiación gamma, rayos x y neutrones; la espectrometría de masas y la espectrometría alfa. Cuenta con 8 laboratorios los cuales algunos se encuentran en proceso de acreditación: Laboratorio de fluorescencia de rayos X. Laboratorio de Trazos nucleares. Laboratorio de dosimetría. Laboratorio de espectrometría gamma de conteo de bajo nivel. Laboratorio de instrumentación nuclear. Espectrometría de masas. Cromatografía de gases. Laboratorio de radioquímica. [www.cicanum.ucr.ac.cr](http://www.cicanum.ucr.ac.cr)

Los laboratorios del CICANUM que cuentan con ensayos acreditados en la norma INTE-ISO/IEC 17025:2005 son: Laboratorio de Espectrometría Gamma y el Laboratorio de Dosimetría Personal.

El Centro brinda asesorías en el campo de material de desechos radiactivos y en la confección de manuales de seguridad radiológica, por otra parte ofrece cursos de capacitación en protección radiológica al personal de hospitales, clínicas dentales e industria en general.



Fotos: Laboratorios y funcionarios del Centro de Investigación en Ciencias Atómicas Nucleares y Moleculares (CICANUM), ubicado en la Universidad de Costa Rica.

## **AREAS DE DESARROLLO PRIORITARIAS EN COSTA RICA.**

### **SALUD HUMANA**

Radioterapia  
Medicina Nuclear  
Radiología  
Radiodiagnóstico  
Producción y banco de Tejidos  
Nutrición.

### **MEDIO AMBIENTE**

Recurso hídrico  
Contaminación ambiental.  
Contaminación por plaguicidas.

### **AGRICULTURA Y ALIMENTACIÓN**

Control de plagas mediante la técnica del Insecto Estéril (SIT)  
Contaminación de alimentos.  
Nutrición y salud animal  
Mejoramiento genético de cultivos.

### **APLICACIONES INDUSTRIALES**

Tecnología de irradiación.  
Control radiográfico

### **DESARROLLO DE CAPACIDADES NACIONALES.**

Formación – Divulgación – Comunicación.

### **SEGURIDAD RADIOLÓGICA**

Aspectos legales, actualización de normativa.  
Fortalecimiento de la capacidad nacional regulatoria.  
Gestión de desechos radiactivos.  
Aseguramiento de la calidad en técnicas nucleares  
Emergencias Radiológicas.

### **INVESTIGACIÓN.**