

Maestría en Ciencias Nucleares

Descripción: A continuación se da cuenta de las evidencias de los trabajos realizados con impacto en algunos sectores de la sociedad.

**Environmental Management of Naturally Occurring Radioactive Material (NORM)
in Mexico Oil Production**

Summary of Project Information and Personnel

This two year project will involve a joint effort in the sampling of oil exploration residues primarily in the PEMEX oil fields characterizing its radioactivity. This includes leaching dynamics, calculating the radiation effects to the workers in the field and public, and a plan for its environmentally safe disposal. Proper protocols for the safe handling of such radioactive residues in the field and industrial facilities will be prepared for PEMEX, the Mexican Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales and the Academia Mexicana de Impacto Ambiental. The personnel will include the Co-Director Dr. Carlos Ríos Martínez, Dr. Fernando Mireles García and Dr. J. Ignacio Dávila Rangel who are tenured full professors from Unidad Académica de Estudios Nucleares de la Universidad Autónoma de Zacatecas. These faculty members will be joined by three MS students. The graduate students will be involved in sampling, radiation measurements, data analysis and modeling of health effects. The other Co-Director, Dr. Landsberger is a full tenured professor in the Nuclear and Radiation Engineering program in the Department of Mechanical Engineering at the University of Texas. He will be joined by two Mechanical Engineering or Department of Physics undergraduate students who will be involved in similar activities as the MS students in Zacatecas. Adam Drescher, a MS student in the Nuclear and Radiation Engineering program, will be involved in the training of the undergraduate students at the University of Texas and visiting MS students from Zacatecas. He is currently funded on a 4-year fellowship Consortium for Nonproliferation Enabling Capabilities (CNEC) and will not require any funding. Tracy Tipping the Health Physicist at the Nuclear Engineering Teaching Lab will provide health physics training to the MS students from Zacatecas and undergraduate students from the University of Texas. Graham George Founder and Chief Technical Officer of Enviroklean Product Development Inc. (EPDI) Houston and his staff will provide initial oil residue samples for preliminary calibration and testing, lectures on specific radiation and radioactivity training for samples collected from the oil field as well as sampling protocols including safe handling procedures.

Project Description

It is now well understood that the exploration and utilization of energy resources are not benign and can have detrimental effects to the environment, ecology and human health. Currently there are around 96 million barrels of oil produced and consumed each day, including billion in just over ten days. There have been serious industrial accidents such as EXXON Valdez in Alaska, the subsea BP blowout oil spill in the Gulf of Mexico, and the large swaths of polluted land in the oil (tar) sands in Alberta, Canada due to petrochemical residues released by high heat and pressure. These events coupled with loss of life in various on shore and off shore exploration sites such as BP Deep Water Horizon, have made the public acutely aware of the consequences of energy production and usage. In 1906, just 8 years after the discovery of radioactivity by Bequerel in Paris, radiation was detected in oil residues. Although this phenomenon was known for decades it was not until the late 1970's that a significant amount of research was undertaken to characterize the radioactivity from various oil exploration processes and estimate any health effects to long term exposure. It is well known that the radium isotopes ^{226}Ra and ^{228}Ra can cause a variety of diseases if they are transported from industrial areas to the food and drinking water supplies. An overview of the oil production and the movement of radioactive ^{226}Ra , ^{228}Ra and various decay products can be seen in the Figure 1 below.

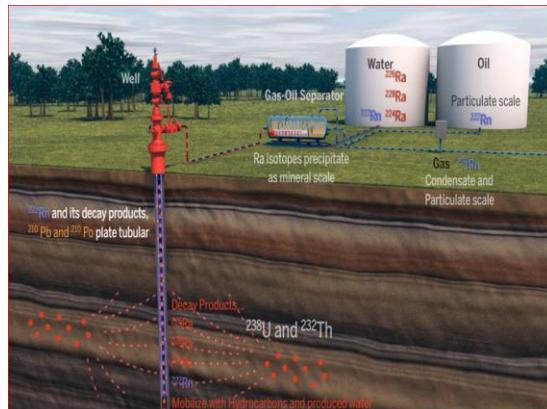


Figure 1 Movement of ^{226}Ra , ^{228}Ra and Various Decay Products in Oil Exploration

The Nuclear Engineering Teaching Lab at the University of Texas and the Unidad Académica de Estudios Nucleares de la Universidad Autónoma de Zacatecas have independently studied natural occurring radioactive material (NORM) in industrial processes (UT-oil and UAZ-mining and soils) using state-of-the-art low level gamma ray instrumentation and neutron activation analysis to study the impact of these radiations in the environment. This research proposal is being undertaken to make a serious holistic evaluation of the consequence of oil exploration, primarily by PEMEX the largest oil producer in Mexico, to the field and industrial workers, the public and to the environment. This truly multidisciplinary effort will include areas in energy, environment, worker and public health, along with physics, applied chemistry and applied geology. At the end of this work protocols for safe handling and disposal of oil residues will be established along with worker training programs. Faculty members and undergraduate and graduate students from both universities will have an unique opportunity to collaborate for a period of two years, exchange ideas, write papers and have mutual visits to forge new long term relationships that can lead to other scientific collaborations of economic and environmental health benefits. Dissemination of the results will be written as technical papers for peer-review international science and engineering journals. One added positive outcome is that these protocols for safe handling of radioactivity from oil residues can be incorporated into courses in environmental/public health and health physics.

Objectives and Work Plan

Anticipated timeline: The project duration will be from September 1, 2017 - August 21, 2019. The funds will be used during that time period.

Objectives and work plan: The primary objectives of this research proposal are in embedded in several areas as emphasized in the request for proposals: **Environmental sciences** – exploitation and protection of ecosystems and biodiversity; **Science** – physics, mathematics, chemistry (applied), geosciences (applied); **Energy** – sustainable energy consumption; development of renewable and clean energies; **oil exploration, extraction and use**; and **Health** – preventative medicine and health care.

Work program including research methods: The work program will be co-directed by Drs. Landsberger and Carlos Ríos Martínez. The two year project will revolve around the sampling of oil exploration residues, *in situ* radiation measurements, the characterization of its radioactivity including leaching dynamics, calculation of the radiation effects to the workers in the field including preventative actions, and planning for its ultimate environmentally safe disposal. Right at the start of the project a “kick off” meeting will be held at the University of Texas to set up a detailed program of research including milestones and deliverables and the ultimate dissemination of results. One of the first tasks for all the students will be to gain a fundamental understanding of the radioactive decay series as shown below (Figure 1) and perform a detailed literature review.

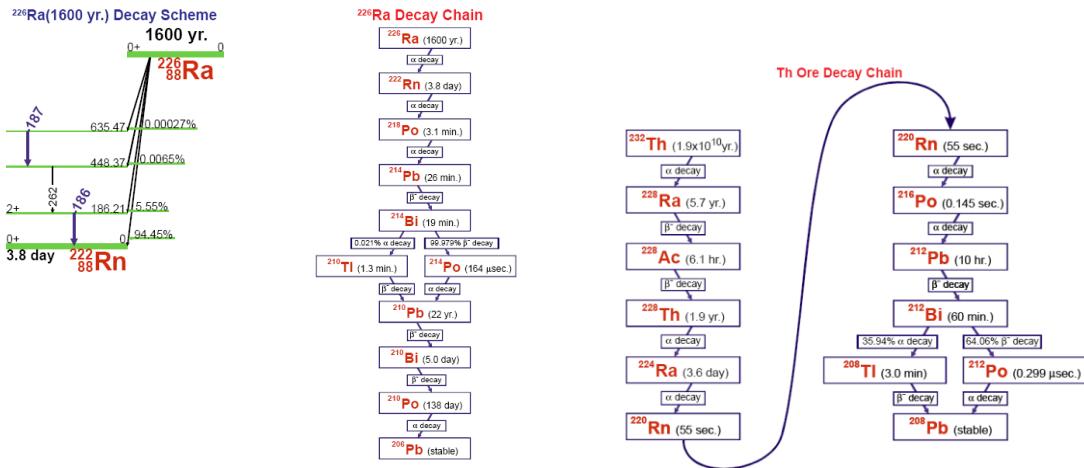


Figure 1: Radioactive Decay Chains of ^{226}Ra and ^{228}Ra

Preliminary work at both universities will be done by receiving samples from west Texas oil fields from Enviroklean Product Development Inc. (EPDI) to calibrate and implement quality control on the data analysis to determine primarily the radium isotopes of ^{226}Ra , ^{228}Ra , and the lead isotope ^{210}Pb and the other associated decay products from radioactive decay chains. A typical gamma-ray spectrum (Figure 2) from sludge in the oil field exploration residue is depicted below. This intricate spectrum shows all the radioactivities in the decay chains in Figure 1.

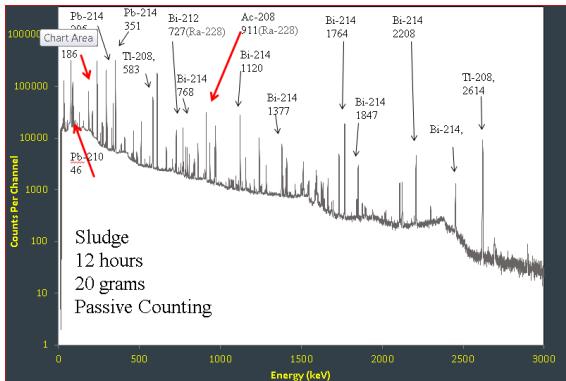


Figure 2. Typical gamma-ray spectrum of Oil Exploration Residue

Neutron activation analysis will be performed to determine heavy metals in the residue using the University of Texas 1.1 MW TRIGA research reactor with the Compton suppression system as shown in Figure 3.

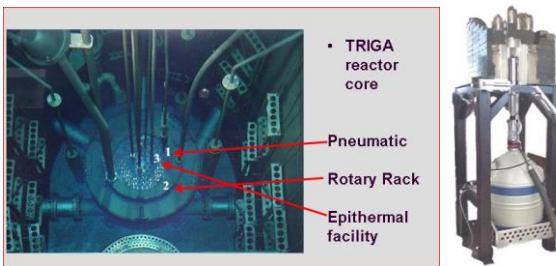


Figure 3. TRIGA research Reactor (L) and the Compton Suppression System (R)

We believe acquiring similar samples as soon as possible will allow for a much more efficient use of the time for training. Within a few months an expedition to the PEMEX oil sites will be undertaken to implement the sampling protocol and collect a multitude of samples which will be processed at the University of Zacatecas. During these campaigns, gamma-ray spectra and dosimetry *in situ* measurements will be performed. After the samples are homogenized a subset will be sent to the University of Texas to compare results. Trace elements and elements of potential toxicity will be determined using neutron activation analysis and the state-of-the-art low-level gamma ray counting equipment. Students from both universities will participate in the analysis and interpretation of the results. The leaching dynamic studies will be performed at the University of Texas (where there are excellent radiochemistry laboratories) in conjunction with the MS students from Zacatecas using the US EPA Toxicity Characterization Leaching Procedures (TCLP). These procedures as seen in Figure 4, will allow us to ascertain how the potential impact of ^{226}Ra , ^{228}Ra , ^{210}Pb and the other associated decay products from radioactive decay chains to permeate into the soil and eventually to aquifers.



Figure 4 Leaching Procedures to Determine the Release of ^{226}Ra , ^{228}Ra , ^{210}Pb and Other Associated Decay Products (<http://www.essie.ufl.edu/home/townsend/research/leaching-tests-for-characterizing-wastes/>)

Modeling of radiation impact to the workers in the field will be done using Monte Carlo Neutral Particle (MCNP) transport code using human phantoms as shown in Figure 5.

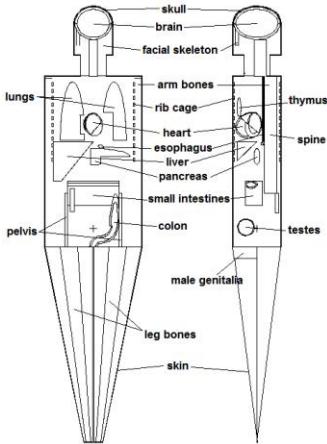


Figure 5 MCNP Calculations for Twenty-Two Available Organs and Body Parts to Determine Energy Deposition Averaged Over a Cell and Relate it Absorbed Radiation Dose

With the oversight of the co-Directors the students will be responsible for quarterly reports. Both sets of students will participate in monthly SKYPE Business Meetings, with each team alternatively taking the lead every other month. Throughout the research process continued student interactions will be of prime importance.

Expected results of the project, as well as social impact: The results of this research will allow the implementation of handling and safety protocols to assess the radioactivity and radiation levels to workers in the oil exploration sector and determine the environmental and ecological impact. The study of the potential leaching dynamics of the radium isotopes with their long half-lives will give an important indication of the potential health effects to the general public, especially if the oil fields that are close to aquifers and drinking water supplies.

Relevance of the project in researchers respective training: The impact of energy production and its utilization always includes the potential for adverse environmental, ecological and health effects. Understanding these fundamental principles allows the students to ascertain the best practices for sustainable economic development while protecting the workers and public at large. For the first time in Mexico a holistic understanding of oil production and its environmental impact at the beginning of the oil fuel cycle will be achieved using state-of-the-art equipment.

How the project is expected to help strengthen research/academic cooperation between Texas and Mexico: This project will allow student engineers from two different international universities to uniquely interact in a way which is almost impossible in most academic programs. Cross-culture and cross-research experiences allows for a much better understanding and closer relationships between the University of Texas and its most important economic and cultural neighbor.

Data handling/management plan: All the data including sampling protocols, radioactive measurements, analysis, reports and publications will be stored at the University of Texas Box site using a protected password. The UT Box is a secure system that can manage data in all forms that is easily retrievable by all faculty members and students. Dr. Martinez at the University of Zacatecas will coordinate the sampling expeditions and sample preparation for radioactivity measurements. Initial routine experiments will be done using the current gamma-ray spectrometers while subsequent more advanced instrumentation

will be employed at the University of Texas under the supervision of Dr. Landsberger. Students from both universities will interact by going on sampling expeditions, co-analyzing the data, co-writing reports and papers for peer-reviewed journals and preparing presentations to be given at university bi-annual meetings and conferences. We consider this type of in-depth collaboration to be a critical aspect for a truly international partnership affording students from different engineering backgrounds to ameliorate there critical thinking and design skills in collaborative research.

Bibliography: These were a few of the papers that were used in this proposal

1. IAEA (2000) http://nucleus.iaea.org/rpst/Documents/rs_iaea-375.Pdf
2. World Nuclear Association (2011) <http://www.world-nuclear.org/> info/inf30.html
3. Heaton B, Lambley J (1995) Appl Radiat Isotop 46:577–581
4. Hamlat MS, Djeffal S, Kadi H (2001) Appl Radiat Isotop 55:141–146
5. **Landsberger, S.,** D. Tamalis, C. Leblanc and M. D. Yoho, "Disequilibrium in the Uranium and Actinium Series in Oil Scale Samples", *J. Environ. Radioact.*, 166, 126-129 (2017).
6. Wang, S. and **S. Landsberger** "MCNP Modeling of NORM Dosimetry in the Oil and Gas Industry", *J. Radioanal. Nucl. Chem.*, 309, 367-371, (2016).
7. **Landsberger, S.,** J. Morton and M. D. Yoho, "Quality Control in the Analysis of Radioactivity from the Oil Exploration Sector", *J. Radioanal. Nucl. Chem.* 307, 2539-2542 (2016).
8. Millsap, D. W and **S. Landsberger**, "Self-Attenuation as a Function of Gamma-Ray Energy in Naturally Occurring Radioactive Material from Oil Exploration", *App. Radiat. Isotop.*, 97, 21-23 (2015).
9. **Landsberger, S.,** D. Tamalis, T. Dudley, G. Dort, G. Kuzmin and G. George "Determination of Macroconstituents and Trace Elements in Naturally Occurring Radioactive Material in Oil Exploration Waste Products", *J. Radioanal. Nucl. Chem.*, 298, 1717-1720 (2013).
10. **Landsberger, S.,** D. Tamalis, T. Dudley, G. Dort, G. Kuzmin and G. George "Determination of Macroconstituents and Trace Elements in Naturally Occurring Radioactive Material in Oil Exploration Waste Products", *J. Radioanal. Nucl. Chem.*, 298, 1717-1720 (2013).

Project requirements:

Composition of project group. The personnel will include the Co-Director Dr. Carlos Ríos Martínez, Dr. Fernando Mireles García and Dr. J. Ignacio Dávila Rangel who are tenured full professors from Unidad Académica de Estudios Nucleares de la Universidad Autónoma de Zacatecas. These faculty members will be joined by three MS students. The graduate students will be involved in sampling, radiation measurements, data analysis and modeling of health effects. The other Co-Director, Dr. Landsberger is a full tenured professor in the Nuclear and Radiation Engineering program in the Department of Mechanical Engineering at the University of Texas. He will be joined by two Mechanical Engineering or Department of Physics undergraduate students who will be involved in similar activities as the MS students in Zacatecas. Adam Drescher, a MS student in the Nuclear and Radiation Engineering program will be involved in the training of the undergraduate students at the University of Texas and visiting MS students from Zacatecas. He is currently funded on a 4-year fellowship Consortium for Nonproliferation Enabling Capabilities (CNEC) and will not require any funding. Tracy Tipping the Health Physicist at the Nuclear Engineering Teaching Lab will provide health physics training to the MS students from Zacatecas and undergraduate students from the University of Texas. Graham George Founder and Chief Technical Officer of Enviroklean Product Development Inc. (EPDI) Houston and his staff will provide initial oil residue samples for preliminary calibration and testing, lectures on specific

radiation and radioactivity training for samples collected from the oil field as well as sampling protocols including safe handling procedures.

Cooperation with other researchers: The list of researchers whom we have agreed to cooperate in this project, are included in the above **Composition of project group**. At present none of the MS or undergraduate students are identified either at Zacatecas or Texas. Graham George of EPDI will oversee the sampling protocols and site specific radiation training with his employees.

Researchers with whom you have collaborated scientifically within the past three years: Dr. Carlos Ríos Martínez has collaborated with Dr. Mireles García, Dr. Pinedo Vega, Dr. Saucedo Anaya and Dr. Dávila Rangel, members of the Cuerpo Académico Ciencias Nucleares from Unidad Académica de Estudios Nucleares, Universidad Autónoma de Zacatecas, as well with Dr. Villalba from Universidad Autónoma de Chihuahua, México, Dr. Flores Zúñiga from Instituto Potosino de Investigación Científica y Tecnológica, México. Dr. Landsberger has collaborated with Dr. Mitch Pryor, Dr. Biegalski, Dr. Artnak, Dr. Haas and Dr. Kovar from the University of Texas; Dr. Kautz and Dr. Vidiya from Los Alamos National and Dr. Kovacs from the Institute of Radiochemistry and Radioecology in Veszprém, Hungary.

Scientific equipment: The University of Texas has a 1.1 MW Research Reactor where elemental analysis of the radioactive waste will be done using neutron activation analysis and gamma-ray spectrometry. As well there are three very advanced gamma-ray detection systems for Compton suppression and gamma-gamma coincidence. There are multiple calibration standards and standard reference materials for the quality control measurements. The Unidad Académica de Estudios Nucleares has a gamma-ray spectrometric system based on an n-type 35% efficiency germanium detector mounted in a portable cryostat to be used for lab and *in situ* measurements. There is also an alpha-particle spectrometric system and a liquid scintillation spectrometer. Multiple calibration standards are available for calibration and quality control measurements.

Project-relevant participation in commercial enterprises: Dr. Landsberger is a consultant to Enviroklean Product Development Inc. (EPDI). This research project is directly linked to the company's expertise in providing environmental restoration clean up and NORM training. Other than his existing consulting agreement with EPDI allowed within the University of Texas regulations and disclosures, Dr. Landsberger will not have any personal financial gain.

Additional information: Currently, no current or previously proposal has been submitted for this research project.

Institutional commitment: Commitment institutional letters from the University of Texas and University of Zacatecas are included. In addition letters of support from the Mexico Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales and the Academia Mexicana de Impacto Ambiental are included. These additional letters of support show the importance of this research for the oil and environmental sectors in Mexico. **All the letters of support are at the end of the proposal.**

Budget request: The total amount requested for both universities is \$136,100 for two years. *There is no request for graduate student support since they all have institutional/governmental fellowships at both Universities.*

The budget of the University of Zacatecas is \$20,100 a year for two years for a subtotal of \$40,200, plus \$17,900 one time, 1st year, plus \$4,000 one time, 2nd year for a total of \$62,100.

- a. Travel to UT for two faculty members and two students (“kick off” meeting, training and measurements) at \$13,000 per year.
- b. Supplies for sampling and sample conditioning at \$2,000 per year.
- c. Travel to the oil fields at PEMEX for sampling at \$3,900 per year
- d. Liquid nitrogen plant maintenance and service at \$1,200 per year

Subtotal A	\$20,100 per year	\$40,200 for two years
e. Multinuclide liquid certified standard		\$2,200 one time, 1 st year
f. Software (MathLab and LabView)		\$3,500 one time, 1 st year
g. IAEA-434, Phosphogypsum certified standard		\$900 one time, 1 st year
h. IAEA-448, Soil from oil field certified standard		\$2,000 one time, 1 st year
i. Emergency response Monitor for <i>in situ</i> dosimetry		\$5,700 one time, 1 st year
j. Personal dosimeter (4 items, 900 each)		\$3,600 one time, 1 st year
k. Publications (2 items, 2,000 each)		\$4,000 one time, 2 nd year
Subtotal B, \$17,900 one time, 1st year, plus \$4,000 one time, 2nd year	\$21,900 One time	
Total for the University of Zacatecas		\$62,100

The University of Texas at Austin is requesting \$37,000 a year for two years for a total of \$74,000.

- a. Funding for two undergraduate students at \$12,000 per year (500 hrs x \$12/hr x 2)
- b. Supplies at \$2,000/year for consumable supplies.
- c. Equipment usage and services: \$6,000/year at the Nuclear Engineering Teaching Lab at the University of Texas.
- d. Subcontract to Enviroklean Product Development Inc. (EPDI) Houston, \$10,000. EPDI is a leading environmental restoration and chemical producing company for the oil and gas exploration industry. EDPI will be supplying initial samples to the Universities of Texas and Zacatecas to begin the analytical process instead of waiting 4-6 months to retrieve samples from PEMEX. Samples will also include the by-products of scale, produced water and sludge. EPDI will also supply expertise in field sampling and safety as well as joining the expedition in Mexico.
- e. Travel to the oil fields at PEMEX, Mexico and University of Zacatecas \$7,000

Total: \$37,000/year for two years for \$74,000

Total for the whole project: \$136,100

Abbreviated CVs and publications:

**CURRICULUM VITA OF DR. SHELDON LANDSBERGER
(US CITIZENSHIP, DOD S Clearance)**

Degrees	Field	Institution	Date Conferred
BS	Chemistry/Mathematics	Sir George Williams Univ.	1972
MS	Nuclear Chemistry	Salford University	1973
MS	Physics	Concordia University	1976
PhD	Chemical Engineering	University of Toronto	1982

ACADEMIC POSITIONS

UNIVERSITY OF TEXAS

Professor 1997-present

Coordinator of Nuclear and Radiation Engineering Program, 1997- 2012, 2016-present

Director, Nuclear Engineering Teaching Lab 2002-2007

UNIVERSITY OF ILLINOIS

Assistant Professor 1987 - 1990

Affiliate Faculty in Institute for Environmental Studies 1987-1997.

Associate Professor 1990-1995

Affiliate Faculty in Computer Science 1991-1995

Director, Neutron Activation Analysis Laboratory 1993-1995

Sabbatical Leave 1995 - Environment Canada/Atmospheric Environment Service

Professor 1995-1997

Director of Research, TRIGA Reactor 1996-1997

PROFESSIONAL EMPLOYMENT

Post-Doctoral Fellow, National Research Council of Canada, Division of Physics and Chemistry, 1982-1983

Supervisor, Center for Neutron Activation Analysis, McMaster University,
Hamilton, Canada, 1983-1986

Faculty Appointment, Argonne National Laboratory, Divisions of Educational Programs
and Chemical Technology, 1990-1996

PRESTIGIOUS AWARDS

- Fulbright Specialist Grant in Physics Education, University of Tartu, Estonia, April 18-29, 2016 through the J. William Fulbright Foreign Scholarship Board, The Bureau of Education and Cultural Affairs of The Department of State and The Council for International Exchange of Scholars.
- Copernicus Visiting Scientist Award, University of Ferrara, Ferrara, Italy, March 2015
- Texas Atomic Energy Research Foundation Professorship 2012-present
Cockrell School of Engineering, University of Texas
- Hayden Head Centennial Endowed Professorship, 2005 - 2012
Cockrell School of Engineering, University of Texas
- American Nuclear Society, Arthur Holly Compton Award - 2007
- American Society of Engineering Education Glenn Murphy Award
Nuclear and Radiological Division - 2005

- Outstanding Undergraduate Advisor Award, Engineering Council Award - 1995
University of Illinois
- Outstanding Undergraduate Advisor Award, Engineering Council Award - 1994
University of Illinois
- Physics Postdoctoral Fellow, National Research Council, Ottawa, Canada, 1982-1983

MEMBERSHIPS IN PROFESSIONAL SOCIETIES

- American Nuclear Society
- American Society of Naval Engineers

Publications

Books Written

Tsoulfanidis, N. and S. Landsberger Measurement and Detection of Radiation, *Fourth Edition*, CRC Press (2015). <http://www.crcpress.com/product/isbn/9781482215496>
 Tsoulfanidis, N. and S. Landsberger Measurement and Detection of Radiation, *Third Edition*, CRC Press (2010).

Books Edited

1. Landsberger, S. and M. Creatchman, Editors "Elemental Analysis of Airborne Particles" Gordon and Breach (1999).

Chapters in Books

1. Landsberger, S., "Neutron Activation Analysis of Solid Foods", Handbook of Mineral Elements in Foods: Chemistry, Analysis and Food Composition; Chapter 17, pp 375-390, eds. Miguel de la Guardia and Salvador Garrigues, John Wiley & Sons 2015.
<http://www.wiley.com/WileyCDA/WileyTitle/productCd-1118654366.html>
2. Landsberger, S. "Recent Developments in Neutron Activation Analysis: 1997-2002", in "Radioanalytical Methods in Interdisciplinary Research" American Chemical Society Symposium Series 868, eds. Laue and Nash, 2003.
3. Landsberger, S. "Trace Element Determination of Airborne Particles by Neutron Activation Analysis" in "Elemental Analysis of Airborne Particles" ed. S. Landsberger and M. Creatchman, Gordon and Breach Chapter 5, pp 197-233 (1999).
4. Landsberger, S. and D. Wu, "Elemental Cadmium as a Marker for Environmental Tobacco Smoke," in Encyclopedia of Environmental Analysis and Remediation, R. A. Meyers (ed.), Wiley & Sons (1997).
5. Landsberger, S., and S. Biegalski, "Analysis of Inorganic Particulate Pollutants by Nuclear Methods," in the Handbook of Environmental Chemistry, Volume: Airborne Particulate Matter, ed. Th. Kouimtzis and C. Samara, Springer, 4D, 175-200 (1995).
6. Landsberger, S. "Delayed Instrumental Neutron Activation Analysis," in Chemical Analysis by Nuclear Methods, ed. Z. B. Alfassi, John Wiley and Sons, 121-142 (1994).

Articles in Journals (Out of 233). Relevant to current proposal.

1. Landsberger, S., "Measurement of Small Sized Specimens for NORM, TENORM and ¹³⁷Cs Evaluation Using Neutron Activation Analysis and Compton Suppression Techniques", *J. Environ. Radioact.* (submitted)
2. Bator, G. and S . Landsberger, "Leaching dynamics of Ra-226, Ra-228 and Pb-210 from Oil Scale", *J. Environ. Radioact.* (submitted)
3. Landsberger, S., A. Drescher and K. Kelley "In Field Measurement of ^{226,228}Ra Using CsI And LaBr₃Ce Scintillation Detectors for Oil Scale Waste", *J. Environ. Radioact.* (submitted)

4. Landsberger S. , A. Sharp, S. Wang, Y. Pontikes and A. Tkaczyk, "Assessment of Radiological Safety by Experiment and Simulation: Characterization of Bauxite Residue (Red Mud) for $^{235,238}\text{U}$, ^{232}Th and ^{40}K using Neutron Activation Analysis and the Radiation Dose Levels as Modeled by MCNP", (in press) *J. Environ. Radioact* (2017).
5. Landsberger, S., D. Tamalis, C. Leblanc and M. D. Yoho, "Disequilibrium in the Uranium and Actinium Series in Oil Scale Samples", *J. Environ. Radioact.*, **166**, 126-129 (2017).
6. Wang, S. and S. Landsberger "MCNP Modeling of NORM Dosimetry in the Oil and Gas Industry", *J. Radioanal. Nucl. Chem.*, **309**, 367-371, (2016).
7. Landsberger, S., J. Morton and M. D. Yoho, "Quality Control in the Analysis of Radioactivity from the Oil Exploration Sector", *J. Radioanal. Nucl. Chem.* **307**, 2539-2542 (2016).
8. Millsap, D. W and S. Landsberger, "Self-Attenuation as a Function of Gamma-Ray Energy in Naturally Occurring Radioactive Material from Oil Exploration", *App. Radiat. Isotop.*, **97**, 21-23 (2015).
9. Landsberger, S., D. Tamalis, T. Dudley, G. Dort, G. Kuzmin and G. George "Determination of Macroconstituents and Trace Elements in Naturally Occurring Radioactive Material in Oil Exploration Waste Products", *J. Radioanal. Nucl. Chem.*, **298**, 1717-1720 (2013).
10. Landsberger, S., D. Tamalis, T. Dudley, G. Dort, G. Kuzmin and G. George "Determination of Macroconstituents and Trace Elements in Naturally Occurring Radioactive Material in Oil Exploration Waste Products", *J. Radioanal. Nucl. Chem.*, **298**, 1717-1720 (2013).

Conference Proceedings (out of 182) *Relevant to current proposal.*

1. Landsberger, S. G., G. George, and S. Landsberger "Educational Training of Handling Naturally Occurring Radioactive Material (NORM) in the Oil and Gas Industry", *Trans. ANS*, **111**, 174-175 (2014).
2. Landsberger, S., Morton, J., S. G. Landsberger, G. George, M. Moyamezi and D. Hurst, "In Situ Determination of Radionuclides in the Oil and Gas Fields", *Trans. ANS*, **111**, 555-557 (2014).
3. Landsberger, S., S.G. Landsberger, G. George, G. Kuzmin, D. Millsap, K. Dayman, C. Lu, D. Tamalis, J. Louis-Jean, G. Dort and T. Dudley, "Norm Waste from Oil Exploration", Proceedings of Naturally Occurring Radioactive Material (NORM VII), Beijing, China, April 22-26, 2013, pages 179-191. <http://www-pub.iaea.org/books/IAEABooks/10675/Naturally-Occurring-Radioactive-Material-NORM-VII-Proceedings-of-an-International-Symposium-Beijing-China-22-26-April-2013>
4. Landsberger, S. and D. Tamalis, "An On-Line Graduate Course in Nuclear Environmental Protection for Health Physics and Radioactive Waste Management", Transactions of 5th International Conference on Education and Training in Radiological Protection (ETRAP 2013) 12 - 15 March, Vienna, Austria, 2013
<http://www.euronuclear.org/events/etrap/etrap2013/transactions/ETRAP2013-transactions.pdf>

CURRICULUM VITA OF DR. CARLOS RÍOS MARTÍNEZ

Citizenship: Mexican

RFC: RIMC561018662

Cel. ph.: +52 1 4921213876

Email: criosmtz@hotmail.com

DOB: October 18th, 1956

CURP: RIMC561018HZSSRR03

Work ph.: +52 1 (492) 9227043 Ext. 106

Address: Nicolás Copérnico 120, Fracc. Siglo XXI,
Zacatecas 98060, Zacatecas, MEXICO

Education

1. ***BS Chemical Engineering***, Universidad Autónoma de Zacatecas (1979).
2. ***M. Sc. Nuclear Sciences***, Universidad Nacional Autónoma de México, (1984).
3. ***Doctor of Philosophy (Nuclear Engineering)***, Mechanical Engineering, The University of Texas at Austin (1995).

Professional Experience

1. ***Director***, Unidad Académica de Estudios Nucleares, Universidad Autónoma de Zacatecas, September 2000 – August 2005
2. ***Professor***, Unidad Académica de Estudios Nucleares y Unidad Académica de Ciencias Químicas, Universidad Autónoma de Zacatecas, September 1984 - present.
3. ***Postdoctoral Fellow***, Nuclear Engineering Teaching Laboratory, The University of Texas at Austin, July 1996 - January 1998.
4. ***Coordinator, Maestría en Ciencias Nucleares***, Unidad Académica de Estudios Nucleares, Universidad Autónoma de Zacatecas, January 1995 - June 1996.
5. ***IAEA Expert***, International Atomic Energy Agency, Reg. No. T575539, 1996 -2002.
6. ***Graduated Research Assistant***, Nuclear Engineering Teaching Laboratory, The University of Texas at Austin, January 1991 - December 1994.
7. ***Coordinator, Subcritical Assembly Area***, Centro Regional de Estudios Nucleares, Universidad Autónoma de Zacatecas, January 1982 - July 1990.
8. ***Lecturer***, Unidad Académica de Ciencias Químicas, Universidad Autónoma de Zacatecas, September 1980 – August 1984.
9. ***Lecturer***, Escuela Preparatoria, Universidad Autónoma de Zacatecas, September 1976 – August 1981.

Relevant Teaching

1. ***Advanced Radiation Spectrometry***. Doctorado en Ciencias Nucleares, Unidad Académica de Estudios Nucleares, Universidad Autónoma de Zacatecas. Zacatecas, 2016 – present.
2. ***Radiation Spectrometry***. Maestría en Ciencias Nucleares, Unidad Académica de Estudios Nucleares, Universidad Autónoma de Zacatecas. Zacatecas, 2010 – present.
3. ***Statistical Analysis and Quality Control***, Maestría en Ciencias Nucleares, Unidad Académica de Estudios Nucleares, Universidad Autónoma de Zacatecas. Zacatecas, 2007 - actualmente.
4. ***Radiation Detection***. Maestría en Ciencias Nucleares, Unidad Académica de Estudios Nucleares, Universidad Autónoma de Zacatecas. Zacatecas, 2005 - actualmente.

Relevant Publications and Conference Proceedings

1. Carlos Ríos Martínez, María Luisa Ramírez Vázquez J. I. Dávila Rangel y F. Mireles G., Jorge Ramírez-Ortiz, “*Deposición química de vapor (CVD) de uranio para espectrometría alfa*”, Memorias XXVI Congreso Anual de la Sociedad Nuclear Mexicana, XIV Congreso Nacional de la Sociedad Mexicana de Seguridad Radiológica, Puerto Vallarta, Jalisco, México, del 5 al 8 de Julio de 2015
2. Rodríguez Rodríguez N.I., Ríos Martínez C., Pinedo Vega J.L., M. Yoho, y S. Landsberger, “*Determinación de plata, oro, zinc y cobre en muestras minerales mediante diversas técnicas de Análisis por Activación de Neutrones Instrumental*”, Memorias XXVI Congreso Anual de la Sociedad Nuclear Mexicana, XIV Congreso Nacional de la Sociedad Mexicana de Seguridad Radiológica, Puerto Vallarta, Jalisco, México, del 5 al 8 de Julio de 2015
3. Mireles Garcia, F., Dávila Rangel, J.I., Pinedo Vega, J.L., Ríos Martínez, C., et al, “*Concentration levels of ¹³⁷Cs in soil of the state of Zacatecas, Mexico, before and after the Fukushima accident*”, Fifty-eight annual meeting of the Health Physics Society, Wisconsin, Mad. USA 2013
4. Flavio Nava M., Carlos Ríos M., Fernando Mireles G., Sonia Saucedo A., Ignacio Dávila R., José L. Pinedo, “*Determinación de Th y U por Activación Neutrónica para Calibración de Espectrometría Gamma in Situ*”, Memorias XXIII Congreso Anual de la SNM, Bahías de Huatulco, Oaxaca, MÉXICO 2012
5. F. Mireles, J.I. Dávila, H. López, J.L. Pinedo, C. Ríos, S.A. Saucedo, N. Céspedes, “*Radiactividad Natural del Cemento, Cal y Yeso en el Estado de Zacatecas*”, Memorias XXIII Congreso Anual de la SNM, Bahías de Huatulco, Oaxaca, MÉXICO 2012
6. M. Rivera B., Carlos Ríos M., F. Mireles G., S. Saucedo A., I. Dávila R., J. L. Pinedo, D. Hernández R. y F. Nava M., “*Mapeo Preliminar In Situ de Emisores Gamma en el Estado de Zacatecas*”, Memorias XXII Congreso Anual de la SNM y LAS/ANS Symposium, Los Cabos, Baja California Sur, MÉXICO 2011
7. F. Mireles , J.I. Dávila, J.L. Pinedo, H. López, C Ríos, S.A. Saucedo, F.E. Flores, “*Niveles de Concentración de Cesio-137 en Suelos de los Municipios de Guadalupe y Zacatecas antes del Accidente de Fukushima Daiichi*” Memorias XXII Congreso Anual de la SNM y LAS/ANS Symposium, Los Cabos, Baja California Sur, MÉXICO 2011
8. F. de la Torre A., Carlos Ríos M., Ma. G. Ruvalcaba A., Fernando Mireles G., Sonia Saucedo A., I. Dávila R., and J. L. Pinedo. (2010). “*An Optimum Analysis Sequence for Environmental Gamma-ray Spectrometry*”. 17th Pacific Basin Nuclear Conference Memories.
9. F Mireles, FE Flores, JL Pinedo, JI Dávila, CRíos, HLópez, S Saucedo. (2010). “*Gamma Radioactivity Concentrations in Surface Soils of Guadalupe and Zacatecas Municipalities*”, Health Physics Journal 99(1): S46.
10. F. Mireles, M.L. García, L.L. Quirino, J.I. Dávila, J.L. Pinedo, C. Ríos, M.E. Montero, L. Colmenero, L. Villalba. (2007). “*Radon survey related to construction materials and soils in Zacatecas*”, México using LR-115”, Radiation Measurements 42(8): 1397-1403.

Awards

- 2013 - Reviewer, Journal of Environmental Radioactivity, Elsevier, Holanda,
2005, 2006, 2010, 2013, Technical Evaluato, CONACYT, México
2000 - Present, Full Time Professor Profile, PROMEP, Secretaria de Educación Pública, México
2000 - 20011, Leadership, Academic Body “Nuclear Sciences”, UAZ
1996 - 2005, National Research System, Level I, México.
1992, Team Member, 1st place American Nuclear Society Student Contest, “Development and Benchmarking of an Analytical Moisture Separation Model for Boiling Water Reactors”
1990 - 1995, Scholarship for Doctoral Degree, CONACYT, México.
1978 - 1980, Scholarship for M. Sc. Degree, UNAM - Secretaria de Educación Pública, México

Relevant Research Projects

2014 - 2016, UAZ, Evaluación de materiales radiactivos de origen natural en la industria minera de Zacatecas, Co-Principal Investigator

20013 -2016, UAZ, “Mapeo de emisores gamma en el estado de Zacatecas por espectrometría gamma in situ”, Principal Investigator.

2001- 2011, NSF – CONACyT, “Estudio de aerosoles metropolitanos y depósitos de jales por activación de gammas prontos (PGAA), desarrollo de la técnica en otras aplicaciones y proyección de la estación PGAA de Salazar en colaboración con la Universidad de Cornell, N.Y., U.S.A.”, Principal Investigator.

Professional Societies

- Sociedad Mexicana Nuclear
- Sociedad Mexicana de Física

CURRICULUM VITA OF DR. FERNANDO MIRELES-GARCIA

Citizenship: Mexican

DOB: August 6th, 1956

Address: Lago Catemaco 126, Fracc. Lomas del Lago, Zacatecas 98085, Zacatecas, MEXICO.

RFC: MIGF560806PV9

CURP: MIGF560806HZSRRR09

Cel. ph: +52 492 130 5767

Work ph.: +52 (492) 922 7043 Ext. 106

Email: fmireles@uaz.edu.mx

Education

1. **B.S. Electrical Engineering**, Universidad Autónoma de Zacatecas (1981).
2. **M. S. Nuclear Sciences**, Universidad Autónoma de Nuevo León (1983).
3. **Doctor of Philosophy**, in Nuclear Engineering with Emphasis on Health Physics, University of Missouri-Columbia, USA. 1997.

Professional Experience

10. *Chairman*, Unidad Académica de Estudios Nucleares, Universidad Autónoma de Zacatecas, September 2012 – August 2016
11. *Professor*, Unidad Académica de Estudios Nucleares y Unidad Académica de Ingeniería Eléctrica, Universidad Autónoma de Zacatecas, September 1983 - present.
12. *Director, Maestría en Ciencias Nucleares*, Unidad Académica de Estudios Nucleares, Universidad Autónoma de Zacatecas, September 2001 – August 2005.
13. *Director, Programa de Investigación*, Unidad Académica de Estudios Nucleares, Universidad Autónoma de Zacatecas, September 2008-August 2012

Relevant Teaching

5. *Research in Nuclear Sciences*, Doctorado en Ciencias Nucleares, Unidad Académica de Estudios Nucleares, Universidad Autónoma de Zacatecas. Zacatecas, 2016-present.
6. *Radiation Protection*. Maestría en Ciencias Nucleares, Unidad Académica de Estudios Nucleares, Universidad Autónoma de Zacatecas. Zacatecas, 1998-present.
7. *Numerical and Mathematical Methods*, Maestría en Ciencias Nucleares, Unidad Académica de Estudios Nucleares, Universidad Autónoma de Zacatecas. Zacatecas, 1998-present.
8. *Radiation Dosimetry*. Maestría en Ciencias Nucleares, Unidad Académica de Estudios Nucleares, Universidad Autónoma de Zacatecas. Zacatecas, 1998-present.
9. *Shielding Theory*. Maestría en Ciencias Nucleares, Unidad Académica de Estudios Nucleares, Universidad Autónoma de Zacatecas. Zacatecas, 1998-present.

Selected Publications

1. JI Dávila H López, F. Mireles, LL Quirino, ML Villalba, L Colmenero, and ME Montero. Radioactivity in bottled waters sold in México. *Applied Radiation and Isotopes*, ISSN: 0969-8043. 56(2002) pp. 931-936.
2. F. Mireles, J.I. Dávila, L.L. Quirino, J.F. Lugo, J.L. Pinedo, and C. Ríos. “Natural soil radioactivity levels and resultant population dose in the cities of Zacatecas and Guadalupe, Mexico”. *Health Physics Journal*, 84 (3) march 2003. pp. 368-372. INSS 0017-9078.
3. L. Colmenero Sujo, M.L. Montero Cabrera, L. Villalba, M. Rentaría Villalobos, E. Torres Moye, M. García León, R. García Tenorio, F. Mireles García, E.F. Herrera Peraza, D. Sánchez Aroche. “Uranium-238 and thorium-232 series concentrations in soil, radon-222 indoor and drinking water concentrations and dose assessment in the city of Aldama, Chihuahua, México”. *Journal of Environmental Radioactivity*, Vol. 77, 2004. pp. 205-219. ISSN 0265-931X.

4. F. Mireles, M.L. García, L.L. Quirino, J.I. Dávila, J.L. Pinedo, C. Ríos, M.E. Montero, L. Colmenero, L. Villalba. "Radon survey related to construction materials and soils in Zacatecas, México using LR-115". *Radiation Measurements*, ISSN: 1350-4487, Vol. 42, Num. 8 (September 2007).pp. 1397-1403.
5. F Mireles, FE Flores, JL Pinedo, JI Dávila, C Ríos, H López, S Saucedo. "Gamma Radioactivity Concentrations in Surface Soils of Guadalupe and Zacatecas Municipalities". *Health Physics Journal*, INSS 0017-9078, Vol. 99, No 1, p. S46; (July 2010). [Abstract].
6. Lourdes Villalba, Luis Colmenero, Guillermo Manjon, Rafael Chávez, Miguel Royo, Adán Pinales, Benito Aguirre, Miguel Royo-León, Fernando Mireles, and Ignacio Dávila. "Radium presence on spring water from San Diego de Alcalá, Chihuahua, México". *Environmental Hydraulics, Theoretical, Experimental and Computational Solutions*. ISBN 978-0-415-56697-1, CRC Press Taylor & Francis Group, London (Mayo 2010), p. 257-260. No de páginas 352.
7. F. Ramírez Sánchez y F. Mireles Garcia. Análisis de los niveles de radiactividad en jales de Cía. Peñoles en Fresnillo, Zac., México. GEOMIMET XXXVIII EPOCA, ISSN-0185-1314, No. 292. Editorial Asociación de Ingenieros de Minas, Metalurgistas y Geólogos de México AC Julio/Agosto 2011, pp. 38-44.
8. F. Mireles, J.I. Davila, J.L. Pinedo, E. Reyes, R. J. Speakman, M. D. Glascock. "Assessing Urban Soil Pollution in the Cities of Zacatecas and Guadalupe, Mexico by Instrumental Neutron Activation Analysis". *Microchemical Journal*, ISSN: 0026-265X, Vol. 103 (July 2012). pp. 158-164.
9. F. Mireles, J.I. Dávila, H. López, J.L. Pinedo, C. Ríos, S.A. Saucedo, N. Céspedes: "Radiactividad Natural del Cemento, Cal y Yeso en el Estado de Zacatecas". Proceedings del XXIII Congreso Anual de la SNM. Bahías de Huatulco, Oaxaca, México. Sello Editorial: Sociedad Nuclear Mexicana (607-95174), ISBN: 978-607-95174-3-4, (29 Julio al 1° Agosto del 2012), p. 1-11.
10. F. Mireles-García, J.I. Dávila-Rangel, J.L. Pinedo-Vega, C. Ríos-Martínez, S.A. Saucedo-Anaya, H. López-del-Río, M.G. Valdez-Arteaga, A. Jauregui-Mancillas. "Concentration Levels of ¹³⁷Cs in Soil of the State of Zacatecas, Mexico, Before and After the Fukushima Accident". *Health Physics Journal*, INSS: 0017-9078, Vol. 105, No 1, p. S84; (July 2013). [Abstract].
11. Lourdes Villalba, Luis Colmenero-Sujo, Adán Pinales-Munguia, Guadalupe Estrada-Gutiérrez, Héctor Rubio-Arias, Fernando Mireles-García, Ignacio Dávila-Rangel. "Analysis of Health Risk Due to the Presence of Radioactivity and Chemical Elements in Groundwater, Aldama Municipality, Chihuahua, Mexico". *Journal of Environmental Protection*, ISSN Online: 2152-2219. Vol. 4(11). (November, 2013), pp. 1265-1271.

Awards

- 2004-2019, National Research System, Level 1, Mexico
- 20000-present, PROMEP-Full Time Professor Profile, Secretaría de Educación Pública, México.
- 2012, Premio al mejor artículo publicado en la Revista GEOMIMET. Categoría Medio Ambiente. Artículo: Francisco Ramírez S., Fernando Mireles G. "Análisis de los Niveles de Radiactividad Gamma en Jales de la Compañía Fresnillo Peñoles", GEOMIMET XXXVIII, EPOCA, ISSN 0185-1314, No. 292, Jul/Ag 2011, p. 38-44.
- 2011, Scholarship from the IAEA to take the course: "International Atomic Energy Agency. Participated in and completed the workshop on "Monte Carlo Radiation Transport and Associated Needs for Medical Applications". International Centre for Theoretical Physics, Trieste, Italia. October 17-28, 2011, 20 hrs.
- 1993-1997, Scholarship for Doctor of Philosophy (Ph. D), Fulbright-García Robles and CONACYT, University of Missouri-Columbia., USA.
- 1997, Scholarship from the LANL to take the course: "Practical MCNP for Health Physicist", Los Alamos National Laboratory, Los Alamos, New México, EUA, March 24-28, 1997, 45 hrs.

Professional Affiliations

- Member, American Nuclear Society, 1993-present.

- Member, Health physics Society, 1994-present.
- Member, Sociedad Nuclear Mexicana, 1989-present.
- Member, American Association of Physicists in Medicine, 1995-present.
- Member, Asociación Mexicana de Exbecarios Fulbright/García Robles, A. C., 1997-present.
- Member, Asociación Mexicana de Seguridad Radiológica, 2001-present

CURRICULUM VITA OF DR. J IGNACIO DÁVILA RANGEL

Citizenship: Mexican

RFC: DARJ570113665

Cel. ph: +52 1 4925837785

Email: idavila@uaz.edu.mx

DOB: January 13th, 1957

CURP: DARI570113HZSVNG07

Work ph.: +52 1 (492) 9227043 Ext. 102

Address: Rinconada Limoneros 64-E, Fracc. Rincón Colonial,
Guadalupe 98616, Zacatecas, MEXICO

Education

1. ***BS Chemical Engineering***, Universidad Autónoma de Zacatecas (1980).
2. ***M. Sc. Nuclear Sciences***, Universidad Autónoma de Nuevo León (2001).
3. ***Doctor of Philosophy (Nuclear Sciences)***, Universidad Autónoma del Estado de México (2009).

Professional Experience

1. ***Researcher***, Instituto Nacional de Investigaciones Nucleares, (ININ), April 1980 - November 1989
2. ***Professor***, Unidad Académica de Estudios Nucleares, Universidad Autónoma de Zacatecas, November 1989 - present.
3. ***Coordinator, Maestría en Ciencias Nucleares***, Unidad Académica de Estudios Nucleares, Universidad Autónoma de Zacatecas, August 2012 - August 2016.
4. ***Coordinator, Doctorado en Ciencias Básicas-Orientación Ciencias Nucleares***, Unidad Académica de Estudios Nucleares, Universidad Autónoma de Zacatecas, August 2012 - August 2016.
5. ***Coordinator, Subcritical Assembly Area***, Unidad Académica de Estudios Nucleares, Universidad Autónoma de Zacatecas, August 1990 – present.
6. ***Chairman***, Unidad Académica de Estudios Nucleares, Universidad Autónoma de Zacatecas, August 2016 – present.

Relevant Teaching

1. ***Radioanalytica***. Doctorado en Ciencias Nucleares, Unidad Académica de Estudios Nucleares, Universidad Autónoma de Zacatecas. Zacatecas, 2014 – present.
2. ***Nuclear Techniques of Analysis***. Maestría en Ciencias Nucleares, Unidad Académica de Estudios Nucleares, Universidad Autónoma de Zacatecas. Zacatecas, 2002 – present.

Relevant Publications

1. “Natural radioactivity in groundwater and estimates of committed effective dose due to water ingestion in the state of Chihuahua (Mexico)”. *Radiation Protection Dosimetry*, (2005), 1 of 10, doi:10.1093/rpd/nci382. Advance Access Published January 6, 2006.
2. “Radon survey related to construction materials and soils in Zacatecas México using LR-115”. *Radiation Measurements*. 42 (2007). 1397-1403.
3. “Indoor ²²²Rn survey in Zacatecas State, México”. *Applied Radiation and Isotopes*. 65 (2007). 371-374.
4. “Estimates of the skin cancer incidence in Zacatecas, México”. *The Open Dermatology Journal*. 3 (2009). 58-62.
5. “Radon concentrations in ground and drinking water in the State of Chihuahua, Mexico”. *Journal of Environmental Radioactivity*, 80:(2),139-151. 2005.
6. “Adsorption of aqueous Zn (II) species on synthetic zeolites”, *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research B*, (210), 424. 2003.

7. "Comparison of three Mexican aluminosilicates in the sorption of cadmium"., *Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry*. vol. 267, no 1 (2006) 139 - 1345.
8. "Sorption of cobalt by two Mexican clinoptilolite rich tuffs zeolitic rocks and kaolinite. *Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry*. 270(2) (2006). 465-471.
9. "Radiation and thermal effects on cobalt retention by Mexican aluminosilicates". *Journal of Nuclear Materials*. 362 (2007). 53-59.
10. "Cadmium leaching from thermal treated and gamma irradiated Mexican aluminosilicates". *Journal of Nuclear Materials*. 380 (2008). 120-125.
11. "Gross alpha and gross beta radioactivity in drinking water from Zacatecas and Guadalupe cities, México., *Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry*,247:(2)425-428.2001.
12. "Radioactivity in bottled waters sold in México. *Applied Radiation and Isotopes*.,56:(6), 931-939.2002.
13. "Atmospheric Radon: origin and transfer". *Radiation Protection Dosimetry*., vol. 56, pp. 157-160, (1994).
14. "Radon concentration levels in dwellings and mine atmospheres in México". *Nucl. Tracks. Radiat. Meas.*, vol. 22, nos. 1-4, pp. 445-448, (1993).
15. "Real time indoor radon exposure in the city of Zacatecas, México". *Geofísica Internacional*, vol 41(4), 2002, pp. 447-451
16. "Natural soil radioactivity levels and resultant population dose in the cities of Zacatecas and Guadalupe, Mexico". *Health Physics Journal*, 84 (3) March 2003. pp. 368-372.
17. "Assessing Urban Soil Pollution in the Cities of Zacatecas and Guadalupe, Mexico by Instrumental Neutron Activation Analysis". *Microchemical Journal*, Vol. 103 (July 2012). pp. 158-164.
18. "Analysis of Health Risk Due to the Presence of Radioactivity and Chemical Elements in Groundwater, Aldama Municipality, Chihuahua, Mexico". *Journal of Environmental Protection*, 2152-2219. Vol. 4(11). (November, 2013), pp. 1265-1271.
19. "Radium presence on spring water from San Diego de Alcalá, Chihuahua, México". *Environmental Hydraulics, Theoretical, Experimental and Computational Solutions*. ISBN 978-0-415-56697-1, CRC Press Taylor & Francis Group, London (Mayo 2010), p. 257-260. No de páginas 352.
20. "Concentration Levels of ^{137}Cs in Soil of the State of Zacatecas, Mexico, Before and After the Fukushima Accident". *Health Physics Journal*, Vol. 105, No 1, p. S84; (July 2013). [Abstract].

Professional Affiliations

Member, Sociedad Nuclear Mexicana, 1989-present.

Member, Asociación Mexicana de Seguridad Radiológica, 2001-present



**COCKRELL SCHOOL OF ENGINEERING
THE UNIVERSITY OF TEXAS AT AUSTIN**

Office of the Dean • 1 University Station C2100 • Austin, Texas 78712-0284 • (512) 471-1166

March 16, 2017

Dr. David Vassar
Director of Programs
ConTex
One UTSA Circle
San Antonio, Texas 78249

Dear Dr. Vassar,

It is with pleasure that I support the efforts by Dr. Sheldon Landsberger to submit a proposal to ConTex in collaboration with Dr. Carlos Rios Martinez from the Unidad Academica de Estudios Nucleares de la Universidad Autónoma de Zacatecas entitled "*Environmental Management of Naturally Occurring Radioactive Material (NORM) in Mexico Oil Production.*" This proposal is interdisciplinary which will have important impacts in the petroleum, environmental and nuclear engineering areas. The Cockrell School of Engineering is committed to work with Mexican academic institutions to broaden our research collaborations in science and engineering. As a side note, it is gratifying to see that Dr. Carlos Rio Martinez received his PhD at The University of Texas in the nuclear program in the Department of Mechanical Engineering in 1995. We hope to see side such benefits again with this two-year collaborative project.

Sincerely,

A handwritten signature in black ink, appearing to read "John G. Ekerdt".

John G. Ekerdt
Associate Dean for Research and
Dick Rothwell Endowed Chair in Chemical Engineering

JGE:mk

Zacatecas, Zac. 3 de marzo de 2017
Of. Num. 223/2017
R. 2016-2020

Dr. David Vassar
Director de Programas ConTex
P R E S E N T E

Asunto: Carta Oficial de Postulación

De conformidad con las Bases y los Términos de Referencia de **ConTex UT System-CONACYT Collaborative Research Grants 2017-2018**, y de acuerdo con las líneas de investigación identificadas en el Plan de Desarrollo Institucional 2016-2020 de esta Institución, presento a usted la propuesta de proyecto titulado "**Manejo ambiental de materiales radiactivos de origen natural (NORM) en la producción de petróleo en México**", bajo la dirección de Dr. Carlos Ríos Martínez, quién será el **Responsable Técnico**, adscrito a la **Unidad Académica de Estudios Nucleares de la Universidad Autónoma de Zacatecas "Francisco García Salinas"**. La iniciativa contribuirá al desarrollo de una colaboración participativa entre la **Universidad de Texas y nuestra institución**.

Manifiesto a usted el respaldo personal e institucional a la propuesta. De resultar aprobada y recibir el financiamiento para su desarrollo, nuestra institución se compromete a:

- a) Brindar el apoyo institucional requerido para el desarrollo del proyecto propuesto.
- b) Facilitar y poner a disposición del Responsable Técnico y su grupo de colaboradores la infraestructura y equipo disponible, en el entendido de que el equipo adquirido con los recursos autorizados por el fondo, pasarán a formar parte de los activos de la Institución para ser usados preferentemente por el personal académico y estudiantes participantes en el proyecto, pero también por otros investigadores y personal calificado de la Institución.
- c) Brindar el apoyo académico requerido para la formación integral y oportuna de los doctores y maestros en ciencias considerados en el proyecto.
- d) Designar como Responsable Administrativo del proyecto al Dr. Manuel Reta Hernández, Coordinador de Investigación y Posgrado.
- e) Cumplir con la normatividad que aplique, entregando los informes técnico y financiero en tiempo y forma, de acuerdo con los términos de la convocatoria.
- f) Fomentar y gestionar la divulgación de los resultados del proyecto en eventos nacionales e internacionales, así como su publicación en revistas indexadas, además de la impresión de las tesis y otros productos académicos que surjan del proyecto.

Sin otro particular por el momento, hago propicia la ocasión para enviarle un cordial saludo.



RECTORÍA

ATENIAMENTE


Dr. Antonio Guzmán Fernández
Rector y Representante Legal registrado ante el RENIECyT
Universidad Autónoma de Zacatecas



Zacatecas, Zac. 09 de marzo del 2017.

"2017, Año del Centenario de la Promulgación de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos"

A QUIEN CORRESPONDA:

Por este conducto nos permitimos hacer de su conocimiento que la propuesta **"Manejo ambiental de materiales radiactivos de origen natural (NORM) en la producción de petróleo en México"** es de particular interés para esta Delegación Federal ya que vendría a complementar el conocimiento del impacto ambiental de esta actividad, desde la perspectiva radiológica.

Asimismo, consideramos que la participación conjunta de investigadores de la Universidad de Texas en Austin y de la Universidad Autónoma de Zacatecas representa una buena opción para el estudio conjunto de la problemática ambiental-energética de nuestro país en esta perspectiva.

En base a lo anterior, consideramos que es una propuesta bien estructurada y que merece ser apoyada por la convocatoria CON - TEX para su desarrollo. Cabe mencionar que esta Delegación Federal, manifiesta su interés en conocer los resultados del proyecto mencionado en su perspectiva radiológica.

ATENTAMENTE
EL DELEGADO FEDERAL

M.C. JULIO CÉSAR RIVERA LA RIVA

Expediente
MCJCNR/DERH

A handwritten signature in blue ink, appearing to read "Julio César Rivera La Riva".

SECRETARÍA DE MEDIO AMBIENTE
Y RECURSOS NATURALES
DELEGACIÓN FEDERAL
EN ZACATECAS



A QUIEN CORRESPONDA

Por este conducto nos permitimos hacer de su conocimiento que la propuesta "Manejo ambiental de materiales radiactivos de origen natural (NORM) en la producción de petróleo en México" es de particular interés para esta Academia, ya que vendría a complementar el conocimiento del impacto ambiental de esta actividad desde la perspectiva radiológica.

Así mismo, consideramos que la participación conjunta de investigadores de la Universidad de Texas en Austin y de la Universidad Autónoma de Zacatecas en este proyecto representa una excelente oportunidad para el estudio conjunto de la problemática ambiental-energética de nuestro país, desde el punto de vista del monitoreo radiológico.

Con base a lo anterior, consideramos que es una propuesta bien estructurada y que merece ser apoyada en la convocatoria ConTex para su desarrollo y de cuyos resultados esta Academia estaría en espera.

De antemano agradezco el apoyo que puedan otorgarle a la propuesta.

Zacatecas, Zac. 6 de marzo del año 2017

Atentamente

Dr. Eduardo Manzanares Acuña
Presidente de la Academia Nacional de Impacto Ambiental
Capítulo Zacatecas



INSTITUTO MEXICANO DEL PETRÓLEO

“2017, Año del Centenario de la Promulgación de la
Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos”

DITH/ 062 /17
Marzo 23, 2017

**Consejo Nacional en Ciencia y Tecnología
CONTEX
PRESENTE**

A quien corresponda:

Por este conducto le informo que la propuesta "Manejo ambiental de materiales radiactivos de origen natural (NORM) en la producción de petróleo en México", considero, por el tema técnico que abordará, merece ser apoyada dentro del marco de la convocatoria ConTex, ya que los resultados de dicho proyecto serán de gran utilidad para la industria petrolera nacional.

Asimismo, considero que la participación conjunta de investigadores de la Universidad de Texas en Austin y de la Universidad Autónoma de Zacatecas ayudará en la consolidación de capacidades científicas y técnicas a nivel nacional.

Sin más por el momento, aprovecho para enviarle saludos.

Atentamente

**M. en C. Florentino Murrieta
Director de Investigación en
Transformación de Hidrocarburos**

Ccp. Ing. Sergio Sánchez Murril:- Gerente de Servicios de Ingeniería de la Región Sur, IMP
Dr. Carlos Ríos Martínez, Universidad Autónoma de Zacatecas



Zacatecas., Zac, 25 de Octubre 2019
Dirección: uaen 039/2019
Asunto: Invitación

M. en C. Marx Lenin Zapata Yáñez

Central Nuclear Laguna Verde

PRESENTE

Por este medio le hago de la manera más atenta la invitación a participar con una ponencia en el Ciclo de Seminarios de Investigación de la Unidad Académica de Estudios Nucleares. La fecha propuesta es el día 14 de noviembre de 2019 a las 12:00 hrs., en el audiovisual del edificio Marie Curie de la misma Unidad. Además, de poder realizar un intercambio académico con el núcleo de profesores de la Unidad mediante un taller el día 15 de noviembre del mismo año.

Sin más por el momento, le agradezco de antemano la atención a la presente y le envío un saludo cordial.



ccp. Archivo. uaen

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE ZACATECAS "FRANCISCO GARCÍA SALINAS"

UNIDAD ACADÉMICA DE ESTUDIOS NUCLEARES

Calle Cipres # 10, Fraccionamiento La Peñuela, Col. Centro, Zacatecas, Zac., CP. 98000, Tel. 01(492) 922 70 43, Ext. 102
Correo Electrónico: idavila@uaz.edu.mx



Unidad Académica de Estudios Nucleares
Universidad Autónoma de Zacatecas
C. Ciprés # 10, Fracc. La Peñuela
98068 Zacatecas, Zac.



Reporte No. 2016-01

Reporte Técnico

Proyecto:
Análisis de radiación gamma en muestras de miel del Estado de Zacatecas

Responsable:
Dra. Sonia Azucena Saucedo Anaya

Autores:
Q.F.B. María Cristina Zapata Vázquez
Dra. Sonia Azucena Saucedo Anaya
Dr. Fernando Mireles García
Dr. Carlos Ríos Martínez
Dr. J. Ignacio Dávila Rangel
Dr. José Luis Pinedo Vega

Zacatecas, Zac. a 18 de octubre de 2016

Resumen

El presente estudio informa del análisis radioquímico, mediante espectrometría gamma, realizado a diferentes muestras de miel provenientes de 10 municipios del Estado de Zacatecas. La miel analizada corresponde a la floración de *prosopis laevigata* (mezquite), cosechada en el período de mayo a junio de 2011. Los objetivos principales fueron determinar el nivel de radioactividad de fondo natural en miel y descartar posibles contaminantes de núclidos antropogénicos, esto con el fin de dar a este producto un parámetro más de control de calidad. Los resultados arrojan que ningún núclido de ocurrencia natural, a excepción del ^{40}K , se encuentra en cantidades arriba del fondo natural, por lo que se descarta su presencia en este producto. El ^{40}K fue determinado en 8 de las 10 muestras con una actividad específica promedio de $9.75 \pm 1.8 \text{ Bq/kg}$. No se observó el radionúclido antropogénico ^{137}Cs , concluyendo que los niveles de radiación natural están en concordancia con los reportados en muestras de miel en el mundo.

1. Introducción

En la naturaleza se encuentran distribuidos una gran cantidad de radionúclidos que pueden ser de origen natural o antropogénico, siendo entonces inevitable su introducción en el organismo, donde su presencia y cantidad acumulada pueden tener efectos biológicos dañinos. Debido a esto el análisis radiológico de muestras ambientales es de vital importancia como monitoreo y control de dosis por radiación y para el establecimiento de límites de seguridad radiológica. Se han realizado estudios radiológicos en diferentes regiones con varios fines, principalmente en aquellas donde han ocurrido accidentes nucleares o se sospecha de alguna contaminación radiactiva; pero también en regiones libres de contaminación, donde es necesario conocer la radiactividad natural para documentar cambios a futuro, como los ocasionados por actividades antropogénicas.

La miel es un endulzante de origen natural producida por la *apis mellifera* del néctar de flores y resinas. Está constituida principalmente por fructosa, glucosa, agua y algunas proteínas y lípidos. De acuerdo a su origen geográfico y botánico puede contener elementos como Na, K, Ca, Mg, P, S, Al, Cu, Pb, Zn, Mn, etc., en mayor o menor medida siendo el potasio el que posee la concentración más alta [1]. Pueden aparecer algunos metales pesados o elementos tóxicos relacionados con actividades antropogénicas, que contaminan el ambiente circundante a las colmenas [1]. Las abejas recorren aproximadamente 7 km^2 de área alrededor de la colmena [2], visitando cientos de flores durante la cosecha o búsqueda de alimento y recolectando también los contaminantes dispersos. Este hecho hace que las abejas y sus productos (p. ej. miel, cera, polen) sean considerados como bioindicadores en el análisis de contaminantes en el medio ambiente [2]. A través de estos bioindicadores se ha monitoreado la presencia de pesticidas [3] y metales pesados [2, 4-6] por poner algunos ejemplos. Con respecto al monitoreo de radioactividad ambiental, se han hecho estudios sobre el nivel de radioactividad natural [7-9], así como la distribución o declive de

radionúclidos antropogénicos en el ambiente, generados por actividades antropogénicas o accidentes nucleares (p. ej. Chernobyl y Fukushima) [10-13].

México es uno de los principales exportadores de miel de gran variedad en el mundo. A nivel nacional el Estado de Zacatecas contribuye con aproximadamente el 2.5 % de la producción, para consumo local, nacional, pero principalmente, para exportación. Considerando lo anterior en este trabajo se propuso el análisis radiométrico, mediante espectrometría gamma, de la miel de *prosopis laevigata*, provenientes de 10 municipios del Estado de Zacatecas; con el fin de *i*) estimar los niveles naturales de radiación, *ii*) descartar la presencia del radionúclido antropogénico ^{137}Cs , y *iii*) dar un parámetro de control adicional a la miel producida en la región.

2. Metodología

2.1 Muestreo

La miel corresponde a la cosecha de *prosopis laevigata*, cosechada en período de mayo a junio de 2011, las muestras se tomaron directamente de barriles etiquetados con el nombre del productor y municipio de procedencia en el Centro de Acopio de la Unión Ganadera Regional Especializada en Apicultura del Estado de Zacatecas (UGREAZ). Por cada uno de los 10 municipios (ver fig. 1), se colectaron dos muestras de 1 litro cada una.

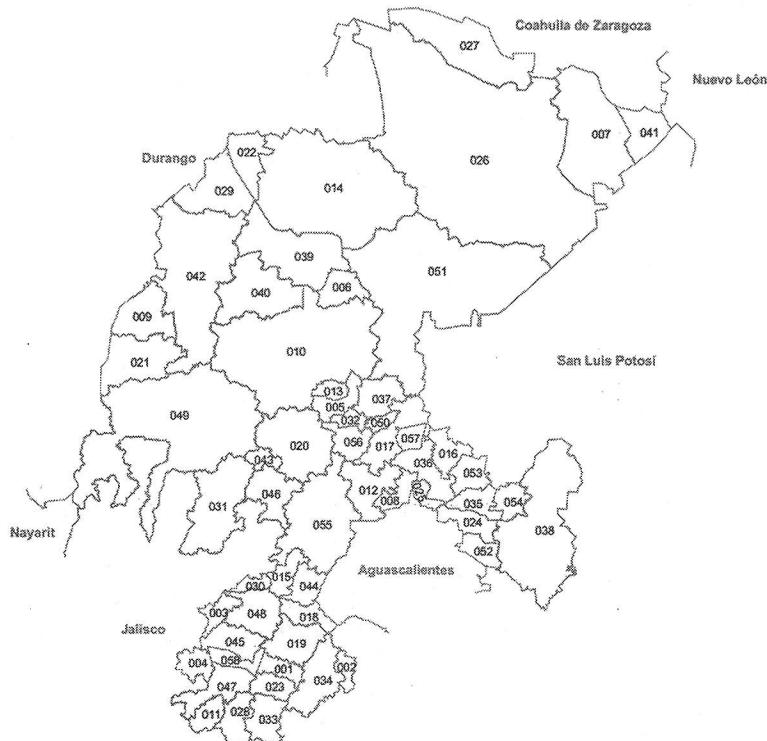


Figura 1. Municipios de procedencia de las muestras: 10) Fresnillo, 14) Nieves, 17) Guadalupe, 18) Huanusco, 19) Jalpa, 23) Juchipila, 29) Miguel Auza, 36) Ojocaliente, 39) Río Grande, 55) Villanueva.

2.2 Conteо por espectrometría gamma

La espectrometría gamma es una técnica analítica capaz de detectar simultáneamente diferentes emisores gamma cuya energía o energías de radiación es característica a cada radionúclido. Esta técnica no requiere de un tratamiento previo de la muestra. En nuestro caso las dos muestras tomadas por municipio fueron homogenizadas. Se tomaron 500 mL y se colocaron en contenedores Marinelli, los cuales fueron sellados para evitar la pérdida del gas radón (radioelemento miembro de las series de decaimiento radiactivo naturales). Se calculó la densidad de cada muestra y se dejaron 40 días antes del conteo para alcanzar el equilibrio entre ^{226}Ra y sus productos de decaimiento.

El sistema espectrométrico de radiación gamma utilizado está constituido por un detector de radiación coaxial de germanio hiperpuro (HPGe) GMX-25190-P-PLUS con una eficiencia del 25 % y una resolución de 1.81 keV, un analizador multicanal TRUMP-PCI-2k usando 1024 canales y el software EG&G ORTEC GammaVision-32.

La calibración en energía se realizó usando un suelo previamente caracterizado como fuente de calibración. Para la calibración en eficiencia se usó el estándar multinúclidos MULTLM479 certificado en actividad, con actividad nominal de $32.84\text{kBq} \pm 3.2\%$, para una matriz de agua de 1000 mL y con un nivel de confianza de 99%. La eficiencia de conteo es calculada mediante la ecuación (1).

$$\varepsilon_E = \frac{N_{Ei}}{A_{Ei}tY} \quad (1)$$

Donde ε_E es la eficiencia de conteo para cada energía, N_{Ei} es el área neta del fotópico, A_{Ei} es la actividad del radionúclido en el estándar, t es tiempo de conteo y Y es la fracción de decaimiento de la radiación medida.

Tanto el fondo, la fuente estándar y las muestras fueron contadas manteniendo la geometría y parámetros de conteo (tiempo de conteo: 120000 s, voltaje: 2000 v).

El límite de detección (L_D) y la actividad mínima detectable (AMD) fueron calculadas mediante las ecuaciones (2) [22] y (3), respectivamente.

$$L_D = 2.71 + 4.65\sqrt{b} \quad (2)$$

donde b es el fondo de radiación para cada fotópico.

$$AMD = \frac{L_D}{\varepsilon_E t Y} \quad (3)$$

La actividad para cada radionúclido fue calculada de acuerdo a la ecuación (4).

$$A_{Ei} = \frac{N_{Ei}}{\varepsilon_E t Y w_s} \quad (4)$$

donde w_s es el peso de la muestra en kilogramos.

3. Resultados y discusión

La densidad promedio de las muestras resultó con un valor de 1.447 g/ml, ver Tabla 1. Este valor de densidad no incrementa significativamente la atenuación de rayos gamma.

Tabla 1. Valores de densidad de las diferentes muestras

Procedencia de la muestra	Density (g/ml)
Fresnillo	1.50
Guadalupe	1.45
Huanusco	1.44
Jalpa	1.47
Juchipila	1.48
Miguel Auza	1.47
Nieves	1.45
Ojocaliente	1.38
Río Grande	1.4
Villanueva	1.43

De las 10 muestras analizadas solamente la actividad medida del ^{40}K se encontró arriba de valor de la AMD, ver Tabla 2. Las muestras de los sitios de Jalpa y Ojocaliente no pudieron cuantificarse, el resto de las muestras dan una actividad específica promedio debido al ^{40}K de $9.75 \pm 1.8 \text{ Bq/kg}$, valor que está por debajo del valor de la actividad media reportada en otros estudios, ver Tabla 3. Se obtuvo una concentración de potasio total con un valor promedio de 213.01 mg/kg. Valor que se encuentra en el rango (39.66 - 1349.34 mg/kg) reportado para diferentes tipos de mieles en todo el mundo [1].

Tabla 2. AMD y actividad específica para ^{40}K

Procedencia de la muestra	AMD (Bq/kg)	Actividad específica (Bq/kg)
Fresnillo	6.57 ± 0.03	6.99 ± 2.15
Guadalupe	7.14 ± 0.04	9.98 ± 2.33
Huanusco	7.19 ± 0.04	13.75 ± 2.36
Jalpa	7.04 ± 0.04	5.33 ± 2.29
Juchipila	6.99 ± 0.04	9.02 ± 2.28
Miguel Auza	7.06 ± 0.04	9.68 ± 2.31
Gral. Francisco R. Murguía	7.14 ± 0.04	11.94 ± 2.34
Ojocaliente	7.49 ± 0.04	6.79 ± 2.44
Río Grande	7.43 ± 0.04	8.29 ± 2.43
Villanueva	7.24 ± 0.04	8.33 ± 2.36

Tabla 3. Comparación de los valores de actividad media de ^{40}K

Procedencia de la muestra	Actividad específica media (Bq/kg)	Rango (Bq/kg)
Yugoslavia [21]	14 ± 2	6.6 to 38
Polonia [23]	36.06 ± 21.3	5.51 to 98.89
Italia [16]	28.1 ± 23.0	7.28 to 101
Zacatecas	9.75 ± 1.8	6.99 to 13.75

4. Conclusiones

En este estudio se llevó a cabo el monitoreo de radionúclidos emisores gamma en miel mediante espectrometría gamma. Se pudieron observar los radionúclidos que aparecen en un fondo normal, sin embargo, la señal apareció por debajo del L_D calculado, a excepción de la señal del ^{40}K , cuya actividad resultó incluso por arriba de la AMD. Esto se explica debido a que el potasio es un elemento que está distribuido en la corteza terrestre, incluyendo en seres vivos, en gran cantidad. Las muestras tuvieron en promedio una actividad específica de ^{40}K de 9.75 ± 1.8 Bq/kg. No fue observado el radionúclido antropogénico ^{137}Cs . Finalmente se estimaron los niveles de fondo de radioactividad natural y se descartó la presencia de radionúclidos artificiales en la miel, corroborando la concordancia con los niveles de radiactividad natural reportados para otros tipos de mieles en el mundo.

5. Referencias

1. Solayman, Md.; Islam, Md. Asiful; Paul, Sudip; Ali, Yousuf; Khalil, Md. Ibrahim; Alam, Nadia & Hua Gan, Siew 2016 Physicochemical Properties, Minerals, Trace Elements, and Heavy Metals in Honey of Different Origins: A Comprehensive Review. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, **15**, p. 219-233.
2. Conti, Marcelo Enrique & Botrè, Francesco 2001 Honeybees and their products as potential bioindicators of heavy metals contamination. *Environmental Monitoring and Assessment*, **69**, p. 267-282.
3. Souza-Tette, Patrícia Amaral; Rocha-Guidi, Letícia; de Abreu-Glória, Maria Beatriz & Fernandes, Christian 2016 Pesticides in honey: A review on chromatographic analytical methods. *Talanta*, **149**, p. 124-141.
4. Buildini, Pier Luigi; Cavalli, Silvano; Mevoli, Anna & Sharma, Jawahar Lal 2001 Ion chromatographic and voltammetric determination of heavy and transition metals in honey. *Food Chemistry*, **73**, p. 487-495.
5. Tuzen, M.; Silici, S.; Mendil, D. & Soylak, M. 2007 Trace element levels in honey from different regions of Turkey. *Food Chemistry*, **103**, p. 325-330.
6. Pisani, Anastasia; Protano, Giuseppe & Riccobono, Francesco 2008 Minor and trace elements in different honey types produced in Siena County (Italy). *Food Chemistry*, **107**, p. 1553-1560.
7. Al-Masri, M. S.; Mukallati, H.; Al-Hamwi, A.; Khalili, H.; Hassan, M.; Assaf, H.; Amin, Y. & Nashawati, A. 2004 Natural radionuclides in Syrian diet and their daily intake. *Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry*, **260**, p. 405-412.

8. Meli, Assunta Maria; Desideri, Donatella, Roselli, Carla; Feduzi, Laura & Benedetti, Claudio 2016 Radioactivity in honey of the central Italy. *Food Chemistry*, **202**, p. 349-355.
9. Brandhoff, P. N.; van Bourgondien, M. J.; Onstenk, C. G. M.; van Avezathe, A. Vos & Peters R. J. B. 2016 Operation and performance of a National Monitoring Network for Radioactivity in Food. *Food Control*, **64**, p. 87-97.
10. Tonelli, D.; Gattavecchia, E.; Ghini, S.; Porrini, C. & Celli, G. 1990 Honey bees and their products as indicators of environmental radioactive pollution. *Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry*, **141**, p. 427-436.
11. Constantinescu, B; Galeriu, D.; Ivanov, E.; Pascovici, G. & Plostinaru, D. 1990 ^{131}I , ^{134}Cs and ^{137}Cs concentrations in 1986 for some roumanian foodstuffs. *Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry, Letters*, **144**, p. 429-437.
12. Assmann-Werthmüller, U.; Werthmüller, K. & Molzahn, D. 1991 Cesium contamination of heather honey. *Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry*, **149**, p. 123-129.
13. Cokesa, Dj. M.; Markovic, M. M.; Solesa, M. I.; Adzic, P. R.; Skoro, G. P.; Milonjic, S. K. & Kukoc, A. H. 1995 Determination of ^{40}K and ^{137}Cs concentration in selected honey samples. *Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry, Letters*, **199**, p. 465-469.
14. Currie, Lloyd A. 1968 Limits of Qualitative Detection and Quantitative Determination, Application to Radiochemistry. *Analytical Chemistry*, **40**, p. 586-593.

Zacatecas, Zac. a 04 de noviembre de 2016

Recibí

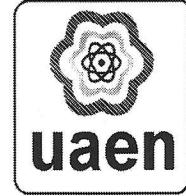
 Candelario Saucedo Quintero

Presidente del Consejo Directivo de la
 Unión Ganadera Regional Especializada
 en Apicultura de Zacatecas





Unidad Académica de Estudios Nucleares
Universidad Autónoma de Zacatecas
C. Ciprés # 10, Fracc. La Peñuela
98068 Zacatecas, Zac.



Reporte No. 2016-01

Reporte Técnico

Proyecto:
Análisis de radiación gamma en muestras de miel del Estado de Zacatecas

Responsable:
Dra. Sonia Azucena Saucedo Anaya

Autores:
Q.F.B. María Cristina Zapata Vázquez
Dra. Sonia Azucena Saucedo Anaya
Dr. Fernando Mireles García
Dr. Carlos Ríos Martínez
Dr. J. Ignacio Dávila Rangel
Dr. José Luis Pinedo Vega

Zacatecas, Zac. a 18 de octubre de 2016

Resumen

El presente estudio informa del análisis radioquímico, mediante espectrometría gamma, realizado a diferentes muestras de miel provenientes de 10 municipios del Estado de Zacatecas. La miel analizada corresponde a la floración de *prosopis laevigata* (mezquite), cosechada en el período de mayo a junio de 2011. Los objetivos principales fueron determinar el nivel de radioactividad de fondo natural en miel y descartar posibles contaminantes de núclidos antropogénicos, esto con el fin de dar a este producto un parámetro más de control de calidad. Los resultados arrojan que ningún núclido de ocurrencia natural, a excepción del ^{40}K , se encuentra en cantidades arriba del fondo natural, por lo que se descarta su presencia en este producto. El ^{40}K fue determinado en 8 de las 10 muestras con una actividad específica promedio de $9.75 \pm 1.8 \text{ Bq/kg}$. No se observó el radionúclido antropogénico ^{137}Cs , concluyendo que los niveles de radiación natural están en concordancia con los reportados en muestras de miel en el mundo.

1. Introducción

En la naturaleza se encuentran distribuidos una gran cantidad de radionúclidos que pueden ser de origen natural o antropogénico, siendo entonces inevitable su introducción en el organismo, donde su presencia y cantidad acumulada pueden tener efectos biológicos dañinos. Debido a esto el análisis radiológico de muestras ambientales es de vital importancia como monitoreo y control de dosis por radiación y para el establecimiento de límites de seguridad radiológica. Se han realizado estudios radiológicos en diferentes regiones con varios fines, principalmente en aquellas donde han ocurrido accidentes nucleares o se sospecha de alguna contaminación radiactiva; pero también en regiones libres de contaminación, donde es necesario conocer la radiactividad natural para documentar cambios a futuro, como los ocasionados por actividades antropogénicas.

La miel es un endulzante de origen natural producida por la *apis mellifera* del néctar de flores y resinas. Está constituida principalmente por fructosa, glucosa, agua y algunas proteínas y lípidos. De acuerdo a su origen geográfico y botánico puede contener elementos como Na, K, Ca, Mg, P, S, Al, Cu, Pb, Zn, Mn, etc., en mayor o menor medida siendo el potasio el que posee la concentración más alta [1]. Pueden aparecer algunos metales pesados o elementos tóxicos relacionados con actividades antropogénicas, que contaminan el ambiente circundante a las colmenas [1]. Las abejas recorren aproximadamente 7 km^2 de área alrededor de la colmena [2], visitando cientos de flores durante la cosecha o búsqueda de alimento y recolectando también los contaminantes dispersos. Este hecho hace que las abejas y sus productos (p. ej. miel, cera, polen) sean considerados como bioindicadores en el análisis de contaminantes en el medio ambiente [2]. A través de estos bioindicadores se ha monitoreado la presencia de pesticidas [3] y metales pesados [2, 4-6] por poner algunos ejemplos. Con respecto al monitoreo de radioactividad ambiental, se han hecho estudios sobre el nivel de radioactividad natural [7-9], así como la distribución o declive de

radionúclidos antropogénicos en el ambiente, generados por actividades antropogénicas o accidentes nucleares (p. ej. Chernobyl y Fukushima) [10-13].

México es uno de los principales exportadores de miel de gran variedad en el mundo. A nivel nacional el Estado de Zacatecas contribuye con aproximadamente el 2.5 % de la producción, para consumo local, nacional, pero principalmente, para exportación. Considerando lo anterior en este trabajo se propuso el análisis radiométrico, mediante espectrometría gamma, de la miel de *prosopis laevigata*, provenientes de 10 municipios del Estado de Zacatecas; con el fin de *i*) estimar los niveles naturales de radiación, *ii*) descartar la presencia del radionúclido antropogénico ^{137}Cs , y *iii*) dar un parámetro de control adicional a la miel producida en la región.

2. Metodología

2.1 Muestreo

La miel corresponde a la cosecha de *prosopis laevigata*, cosechada en período de mayo a junio de 2011, las muestras se tomaron directamente de barriles etiquetados con el nombre del productor y municipio de procedencia en el Centro de Acopio de la Unión Ganadera Regional Especializada en Apicultura del Estado de Zacatecas (UGREAZ). Por cada uno de los 10 municipios (ver fig. 1), se colectaron dos muestras de 1 litro cada una.

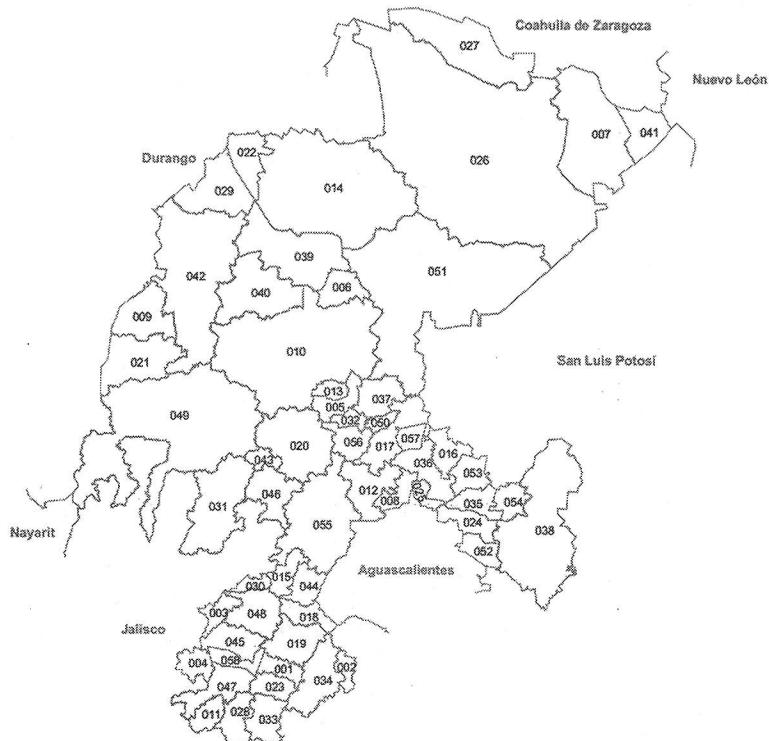


Figura 1. Municipios de procedencia de las muestras: 10) Fresnillo, 14) Nieves, 17) Guadalupe, 18) Huanusco, 19) Jalpa, 23) Juchipila, 29) Miguel Auza, 36) Ojocaliente, 39) Río Grande, 55) Villanueva.

2.2 Conteо por espectrometría gamma

La espectrometría gamma es una técnica analítica capaz de detectar simultáneamente diferentes emisores gamma cuya energía o energías de radiación es característica a cada radionúclido. Esta técnica no requiere de un tratamiento previo de la muestra. En nuestro caso las dos muestras tomadas por municipio fueron homogenizadas. Se tomaron 500 mL y se colocaron en contenedores Marinelli, los cuales fueron sellados para evitar la pérdida del gas radón (radioelemento miembro de las series de decaimiento radiactivo naturales). Se calculó la densidad de cada muestra y se dejaron 40 días antes del conteo para alcanzar el equilibrio entre ^{226}Ra y sus productos de decaimiento.

El sistema espectrométrico de radiación gamma utilizado está constituido por un detector de radiación coaxial de germanio hiperpuro (HPGe) GMX-25190-P-PLUS con una eficiencia del 25 % y una resolución de 1.81 keV, un analizador multicanal TRUMP-PCI-2k usando 1024 canales y el software EG&G ORTEC GammaVision-32.

La calibración en energía se realizó usando un suelo previamente caracterizado como fuente de calibración. Para la calibración en eficiencia se usó el estándar multinúclidos MULTLM479 certificado en actividad, con actividad nominal de $32.84\text{kBq} \pm 3.2\%$, para una matriz de agua de 1000 mL y con un nivel de confianza de 99%. La eficiencia de conteo es calculada mediante la ecuación (1).

$$\varepsilon_E = \frac{N_{Ei}}{A_{Ei}tY} \quad (1)$$

Donde ε_E es la eficiencia de conteo para cada energía, N_{Ei} es el área neta del fotópico, A_{Ei} es la actividad del radionúclido en el estándar, t es tiempo de conteo y Y es la fracción de decaimiento de la radiación medida.

Tanto el fondo, la fuente estándar y las muestras fueron contadas manteniendo la geometría y parámetros de conteo (tiempo de conteo: 120000 s, voltaje: 2000 v).

El límite de detección (L_D) y la actividad mínima detectable (AMD) fueron calculadas mediante las ecuaciones (2) [22] y (3), respectivamente.

$$L_D = 2.71 + 4.65\sqrt{b} \quad (2)$$

donde b es el fondo de radiación para cada fotópico.

$$AMD = \frac{L_D}{\varepsilon_E t Y} \quad (3)$$

La actividad para cada radionúclido fue calculada de acuerdo a la ecuación (4).

$$A_{Ei} = \frac{N_{Ei}}{\varepsilon_E t Y w_s} \quad (4)$$

donde w_s es el peso de la muestra en kilogramos.

3. Resultados y discusión

La densidad promedio de las muestras resultó con un valor de 1.447 g/ml, ver Tabla 1. Este valor de densidad no incrementa significativamente la atenuación de rayos gamma.

Tabla 1. Valores de densidad de las diferentes muestras

Procedencia de la muestra	Density (g/ml)
Fresnillo	1.50
Guadalupe	1.45
Huanusco	1.44
Jalpa	1.47
Juchipila	1.48
Miguel Auza	1.47
Nieves	1.45
Ojocaliente	1.38
Río Grande	1.4
Villanueva	1.43

De las 10 muestras analizadas solamente la actividad medida del ^{40}K se encontró arriba de valor de la AMD, ver Tabla 2. Las muestras de los sitios de Jalpa y Ojocaliente no pudieron cuantificarse, el resto de las muestras dan una actividad específica promedio debido al ^{40}K de $9.75 \pm 1.8 \text{ Bq/kg}$, valor que está por debajo del valor de la actividad media reportada en otros estudios, ver Tabla 3. Se obtuvo una concentración de potasio total con un valor promedio de 213.01 mg/kg. Valor que se encuentra en el rango (39.66 - 1349.34 mg/kg) reportado para diferentes tipos de mieles en todo el mundo [1].

Tabla 2. AMD y actividad específica para ^{40}K

Procedencia de la muestra	AMD (Bq/kg)	Actividad específica (Bq/kg)
Fresnillo	6.57 ± 0.03	6.99 ± 2.15
Guadalupe	7.14 ± 0.04	9.98 ± 2.33
Huanusco	7.19 ± 0.04	13.75 ± 2.36
Jalpa	7.04 ± 0.04	5.33 ± 2.29
Juchipila	6.99 ± 0.04	9.02 ± 2.28
Miguel Auza	7.06 ± 0.04	9.68 ± 2.31
Gral. Francisco R. Murguía	7.14 ± 0.04	11.94 ± 2.34
Ojocaliente	7.49 ± 0.04	6.79 ± 2.44
Río Grande	7.43 ± 0.04	8.29 ± 2.43
Villanueva	7.24 ± 0.04	8.33 ± 2.36

Tabla 3. Comparación de los valores de actividad media de ^{40}K

Procedencia de la muestra	Actividad específica media (Bq/kg)	Rango (Bq/kg)
Yugoslavia [21]	14 ± 2	6.6 to 38
Polonia [23]	36.06 ± 21.3	5.51 to 98.89
Italia [16]	28.1 ± 23.0	7.28 to 101
Zacatecas	9.75 ± 1.8	6.99 to 13.75

4. Conclusiones

En este estudio se llevó a cabo el monitoreo de radionúclidos emisores gamma en miel mediante espectrometría gamma. Se pudieron observar los radionúclidos que aparecen en un fondo normal, sin embargo, la señal apareció por debajo del L_D calculado, a excepción de la señal del ^{40}K , cuya actividad resultó incluso por arriba de la AMD. Esto se explica debido a que el potasio es un elemento que está distribuido en la corteza terrestre, incluyendo en seres vivos, en gran cantidad. Las muestras tuvieron en promedio una actividad específica de ^{40}K de 9.75 ± 1.8 Bq/kg. No fue observado el radionúclido antropogénico ^{137}Cs . Finalmente se estimaron los niveles de fondo de radioactividad natural y se descartó la presencia de radionúclidos artificiales en la miel, corroborando la concordancia con los niveles de radiactividad natural reportados para otros tipos de mieles en el mundo.

5. Referencias

1. Solayman, Md.; Islam, Md. Asiful; Paul, Sudip; Ali, Yousuf; Khalil, Md. Ibrahim; Alam, Nadia & Hua Gan, Siew 2016 Physicochemical Properties, Minerals, Trace Elements, and Heavy Metals in Honey of Different Origins: A Comprehensive Review. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, **15**, p. 219-233.
2. Conti, Marcelo Enrique & Botrè, Francesco 2001 Honeybees and their products as potential bioindicators of heavy metals contamination. *Environmental Monitoring and Assessment*, **69**, p. 267-282.
3. Souza-Tette, Patrícia Amaral; Rocha-Guidi, Letícia; de Abreu-Glória, Maria Beatriz & Fernandes, Christian 2016 Pesticides in honey: A review on chromatographic analytical methods. *Talanta*, **149**, p. 124-141.
4. Buildini, Pier Luigi; Cavalli, Silvano; Mevoli, Anna & Sharma, Jawahar Lal 2001 Ion chromatographic and voltammetric determination of heavy and transition metals in honey. *Food Chemistry*, **73**, p. 487-495.
5. Tuzen, M.; Silici, S.; Mendil, D. & Soylak, M. 2007 Trace element levels in honey from different regions of Turkey. *Food Chemistry*, **103**, p. 325-330.
6. Pisani, Anastasia; Protano, Giuseppe & Riccobono, Francesco 2008 Minor and trace elements in different honey types produced in Siena County (Italy). *Food Chemistry*, **107**, p. 1553-1560.
7. Al-Masri, M. S.; Mukallati, H.; Al-Hamwi, A.; Khalili, H.; Hassan, M.; Assaf, H.; Amin, Y. & Nashawati, A. 2004 Natural radionuclides in Syrian diet and their daily intake. *Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry*, **260**, p. 405-412.

8. Meli, Assunta Maria; Desideri, Donatella, Roselli, Carla; Feduzi, Laura & Benedetti, Claudio 2016 Radioactivity in honey of the central Italy. *Food Chemistry*, **202**, p. 349-355.
9. Brandhoff, P. N.; van Bourgondien, M. J.; Onstenk, C. G. M.; van Avezathe, A. Vos & Peters R. J. B. 2016 Operation and performance of a National Monitoring Network for Radioactivity in Food. *Food Control*, **64**, p. 87-97.
10. Tonelli, D.; Gattavecchia, E.; Ghini, S.; Porrini, C. & Celli, G. 1990 Honey bees and their products as indicators of environmental radioactive pollution. *Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry*, **141**, p. 427-436.
11. Constantinescu, B; Galeriu, D.; Ivanov, E.; Pascovici, G. & Plostinaru, D. 1990 ^{131}I , ^{134}Cs and ^{137}Cs concentrations in 1986 for some roumanian foodstuffs. *Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry, Letters*, **144**, p. 429-437.
12. Assmann-Werthmüller, U.; Werthmüller, K. & Molzahn, D. 1991 Cesium contamination of heather honey. *Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry*, **149**, p. 123-129.
13. Cokesa, Dj. M.; Markovic, M. M.; Solesa, M. I.; Adzic, P. R.; Skoro, G. P.; Milonjic, S. K. & Kukoc, A. H. 1995 Determination of ^{40}K and ^{137}Cs concentration in selected honey samples. *Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry, Letters*, **199**, p. 465-469.
14. Currie, Lloyd A. 1968 Limits of Qualitative Detection and Quantitative Determination, Application to Radiochemistry. *Analytical Chemistry*, **40**, p. 586-593.

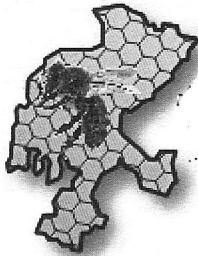
Zacatecas, Zac. a 04 de noviembre de 2016

Recibí

 Candelario Saucedo Quintero

Presidente del Consejo Directivo de la
 Unión Ganadera Regional Especializada
 en Apicultura de Zacatecas





UGREAZ

**UNIÓN GANADERA REGIONAL ESPECIALIZADA EN
APICULTURA DE ZACATECAS**
R.F.C. UGR980610DE2 REGISTRO SAGARPA: 110.01.GC49/09

Asunto: Acuse de recibo

Zacatecas, Zac. a 24 de noviembre de 2016

CONSEJO DIRECTIVO

PROFR. CANDELARIO SAUCEDO QUINTERO
PRESIDENTE

PROFR. RAFAEL SÁNCHEZ RODRÍGUEZ
SECRETARIO

PROFRA. ANA MA. DE ROBLES BAÑUELOS
TESORERO

PROFR. GEOVANI ZÚÑIGA ARRIAGA
VOCALES

C. ARMANDO RODRÍGUEZ CORDERO
VOCALES

C. EDUARDO RUIZ DE CHÁVEZ LÓPEZ
VOCALES

MVZ ALDO IVAN FERNÁNDEZ BÁEZ
VOCALES

CONSEJO DE VIGILANCIA

MVZ. MANUEL AGUAYO ORTEGA
PRESIDENTE

PROFRA. MARÍA ORTA TORRES
SECRETARIO

PROFR. ALFONSO PARTIDA PAÍS
VOCAL

Cuerpo Académico de Ciencias Nucleares UAZ-CACN-O26 de la Unidad Académica de Estudios Nucleares de la Universidad Autónoma de Zacatecas

PRESENTE

Por este conducto hago acuse de recibo del reporte técnico 2016-01: **Análisis de radiación gamma de muestras de miel del Estado de Zacatecas** que presentan los autores: Q.A. María Cristina Zapata Vázquez; Dra. Sonia Azucena Saucedo Anaya; Dr. Fernando Mireles García; Dr. Carlos Ríos Martínez; Dr. J. Ignacio Dávila Rangel y Dr. José Luis Pinedo Vega.

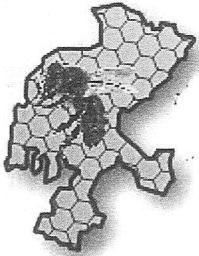
Explico a ustedes, que los apicultores del Estado de Zacatecas, dedicados a la cría de abejas, con apego a la Ley de Organizaciones Ganaderas y su Reglamento, se organizaron primero en Asociaciones Ganaderas Locales Especializadas de Apicultores, y luego éstas, constituyeron la **Unión Ganadera Regional Especializada en Apicultura de Zacatecas**, con Registro Federal (SAGARPA)110.03.-GC4/09.

El **artículo 7 de esa Ley**, confiere a la Unión Ganadera Regional Especializada en Apicultura de Zacatecas, la representación de la actividad apícola, en el Estado.

Por tal Virtud, la opinión de este organismo ganadero, con respecto al reporte que presenta el Cuerpo Académico de Ciencias Nucleares de la UAZ, es que plasma las expectativas del sector en cuanto a calidad e inocuidad, por ser puntos clave para la comercialización de la miel y demás productos derivados de la colmena, incluso dentro de pequeñas regiones.

Valoramos de suma importancia esta aportación para lograr que la miel mexicana se sitúe en estos parámetros de calidad e inocuidad, para que crezca el mercado tanto nacional como internacional, estimulará con ello a mejorar la productividad y dará certidumbre al consumidor de que el producto que consume es inocuo.

Marcamos el aspecto **innovador** del estudio, ya que aunque existen estudios para caracterizar y catalogar mieles libres de contaminantes, no sabemos de estudios de radiación ambiental



UGREAZ

**UNIÓN GANADERA REGIONAL ESPECIALIZADA EN
APICULTURA DE ZACATECAS**
R.F.C. UGR980610DE2 REGISTRO SAGARPA: 110.01.GC49/09

hechos a la miel en otros lugares del planeta, en la región o incluso en el país, si los hubiera no se conocen.

También se subraya la **originalidad** del estudio, por considerarlo único en su contexto, realizado en áreas semidesérticas y de otras de gran actividad minera. Se sabe solo por lo dicho en algunos congresos y seminarios de apicultura, de mieles contaminadas en otros países afectados por accidentes nucleares.

Por lo anterior concluimos que este trabajo aporta información importante a nuestro producto miel y le da un parámetro más para el control de su trazabilidad e inocuidad.

PROFR. CANDELARIO SAUCEDO QUINTERO
PRESIDENTE

PROFR. RAFAEL SÁNCHEZ RODRÍGUEZ
SECRETARIO

PROFRA. ANA MA. DE ROBLES BAÑUELOS
TESORERO

PROFR. GEOVANI ZÚÑIGA ARRIAGA
VOCALES

C. ARMANDO RODRÍGUEZ CORDERO
VOCALES

C. EDUARDO RUIZ DE CHÁVEZ LÓPEZ
VOCALES

MVZ ALDO IVAN FERNÁNDEZ BÁEZ
VOCALES

CONSEJO DE VIGILANCIA

MVZ MANUEL AGUAYO ORTEGA
PRESIDENTE

PROFRA. MARÍA ORTA TORRES
SECRETARIO

PROFR. ALFONSO PARTIDA PAÍS
VOCAL



**UNIÓN GANADERA REGIONAL
ESPECIALIZADA EN APICULTURA
DE ZACATECAS A.C.
REG. SAGARPA 110.01.GC49/09**

Atentamente


Candelario Saucedo Quintero

Presidente del consejo directivo de la UGREAZ

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE ZACATECAS

SEMINARIOS DE INVESTIGACIÓN DE LA UNIDAD ACADÉMICA DE ESTUDIOS NUCLEARES

TEMA DEL 14-11-2019:

PROYECTO: "INSTALACIÓN INDEPENDIENTE DE ALMACENAMIENTO DE COMBUSTIBLE GASTADO (ISFSI)", SITUACIÓN ACTUAL Y PROSPECTIVA HASTA EL DESMANTELAMIENTO DE LA CENTRAL NUCLEOELÉCTRICA LAGUNA VERDE.

- Principales funciones y características del sistema HI-STORM FW.
- Características del sistema HI-STORM FW y cómo realizan su función específica.
- Relación del Contenedor Multi-propósito (MPC) con el sistema HI-STORM: método pasivo de enfriamiento y Bases de Diseño.
- Criterios para selección de Ensambles de Combustible Gastado.

Tiempo estimado: Tres horas.

Taller con los profesores de la Universidad. Vinculación académica UAZ – GCN (CFE).

TEMA DEL 15-11-2019:

RESPUESTA DE UN REACTOR BWR ANTE MOVIMIENTOS DE BARRAS DE CONTROL.

- Cuidado de los Límites Térmicos (MCPR, LHGR & APLHGR).
- Manejo del Sistema de Recirculación para control de la Reactividad.
- Efecto del transitorio de Xenón.

Tiempo estimado: Dos horas.

M. en C. Marxlenin Zapata Yáñez.

Departamento de Ingeniería del Reactor.

Subgerencia General de Operación.

Gerencia de Centrales Nucleoeléctricas.