



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**

**FACULTAD DE CIENCIAS**

**CARRERA INGENIERÍA AMBIENTAL**

**DETERMINACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DE GAS RADÓN  
EN LOS SUELOS DE RUMIPAMBA, CANTÓN COLTA -  
CHIMBORAZO**

**Trabajo de Integración Curricular**

Tipo: Proyecto de Investigación

Presentado para optar al grado académico de:

**INGENIERA/O AMBIENTAL**

**AUTORES:**

SAMANTA JOHANNA BERRONES ORTIZ

HENRY OMAR CALUÑA MANCERO

**DIRECTORA:** Dra. MAGDY MILENI ECHEVERRÍA GUADALUPE PhD.

Riobamba – Ecuador

2023

**© 2022, Samanta Johanna Berrones Ortiz & Henry Omar Caluña Mancero.**

Se autoriza la reproducción total o parcial, con fines académicos, por cualquier medio o procedimiento, incluyendo cita bibliográfica del documento, siempre y cuando se reconozca el Derecho de Autor.

Nosotros, Samanta Johanna Berrones Ortiz, Henry Omar Caluña Mancero, declaramos que el presente trabajo de Integración Curricular es de mi autoría y los resultados de este son auténticos. Los textos en el documento que provienen de otras fuentes están debidamente citados y referenciados.

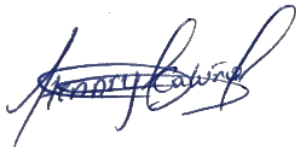
Como autores asumimos la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este trabajo de Integración Curricular; el patrimonio intelectual pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Riobamba, 22 de junio del 2023



---

**Samanta Johanna Berrones Ortiz**  
**060536638-4**



---

**Henry Omar Caluña Mancero**  
**060395104-7**

**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**  
**FACULTAD DE CIENCIA**  
**CARRERA INGENIERÍA AMBIENTAL**

El Tribunal del Trabajo de Integración Curricular certifica que: El Trabajo de Integración Curricular; Tipo: Proyecto de Investigación, **DETERMINACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DE GAS RADÓN EN LOS SUELOS DE RUMIPAMBA, CANTÓN COLTA - CHIMBORAZO**, realizado por: **SAMANTA JOHANNA BERRONES ORTIZ y HENRY OMAR CALUÑA MANCERO**, ha sido minuciosamente revisado por los Miembros del Tribunal del Trabajo de Integración Curricular, el mismo que cumple con los requisitos científicos, técnicos, legales, en tal virtud el Tribunal Autoriza su presentación.

	FIRMA	FECHA
Ing. Andres Agustin Beltran Davalos <b>PRESIDENTE DEL TRIBUNAL</b>		2023/06/22
Dra. Magdy Mileni Echeverría Guadalupe <b>DIRECTORA DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR</b>		2023/06/22
Dra. Jheny del Carmen Orbe Ordoñez PhD. <b>ASESORA DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR</b>		2023/06/22

## **DEDICATORIA**

El resultado de este trabajo va dedicado a toda mi familia. Principalmente a mis padres y hermanos que me han apoyado constantemente y contuvieron mis malos y buenos momentos. Ellos me han enseñado a ser la persona que soy, mis principios, valores, mi perseverancia y mi empeño. Todo esto con un gran amor, sin pedir nada a cambio. También se la dedico a mi gran amor, mi hija que ha sido mi mayor motivación para poder culminar con la carrera y con esta investigación. A su vez dedico esta investigación a mis amigas, Jess, Pame, Karo, Vale, por cada palabra de aliento para que yo pueda cumplir con este objetivo.

Samanta

Este trabajo de titulación se lo dedico en primer lugar a Dios por permitirme llegar hasta donde estoy siempre guiándome en el camino del bien. A mis padres Mirian Mancero y Vicente Caluña, por darme el apoyo durante toda mi carrera universitaria por enseñarme a superarme y no permitir abandonar mis sueños. A mis hermanas por brindarme ese apoyo en los momentos difíciles de la vida y a toda mi familia que me daban su apoyo a su manera.

Henry

## **AGRADECIMIENTO**

En primer lugar, agradecemos a Dios por darnos salud y vida para poder llegar hasta donde estamos que nos ha guiado por el camino del bien sin permitir que nos desviemos. Igualmente agradecemos a nuestros padres por brindarnos el apoyo necesario cada día en nuestra etapa de estudiantes, ya que sin su ayuda no estaríamos en el lugar que nos encontramos.

A la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, a los docentes de la carrera de Ingeniería Ambiental, por compartir sus conocimientos y vivencias con nosotros ayudándonos así en nuestra formación como excelentes profesionales, como olvidar a nuestros amigos que nos apoyaron en cada uno de nuestros días tanto dentro como fuera de las aulas.

Agradecemos al Grupo de Investigación, Desarrollo para el Ambiente y Cambio Climático (GIDAC), a cargo de la Dra. Magdy Echeverría, que nos abrió las puertas para desarrollar nuestro proyecto de titulación, a la Dra. Jheny Orbe que nos guio en el desarrollo de nuestro proyecto, también al Ing. José Luis Herrera por su paciencia, su predisposición, consejos y tiempo para llevar a cabo este proyecto de investigación.

Samanta & Henry

## ÍNDICE DE CONTENIDO

<b>DEDICATORIA</b> .....	iv
<b>AGRADECIMIENTO</b> .....	v
<b>ÍNDICE DE TABLAS</b> .....	xii
<b>ÍNDICE DE ILUSTRACIONES</b> .....	xiv
<b>ÍNDICE DE ANEXOS</b> .....	xvi
<b>RESUMEN</b> .....	xvii
<b>ABSTRACT</b> .....	xviii
<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	1

### CAPÍTULO I

<b>1. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN</b> .....	2
<b>1.1. Planteamiento del problema</b> .....	2
<b>1.2. Formulación del problema</b> .....	2
<b>1.3. Problema general de investigación</b> .....	2
<b>1.4. Problema específico</b> .....	3
<b>1.5. Justificación</b> .....	3
<b>1.6. Objetivos</b> .....	4
<b>1.6.1. <i>Objetivo general</i></b> .....	4
<b>1.6.2. <i>Objetivos específicos</i></b> .....	4
<b>1.7. Hipótesis</b> .....	4

### CAPÍTULO II

<b>2. MARCO TEÓRICO</b> .....	5
<b>2.1. Antecedentes de investigación</b> .....	5
<b>2.2. Referencias teóricas</b> .....	8

2.2.1.	<b>Suelo</b> .....	8
2.2.2.	<b>Origen</b> .....	8
2.2.3.	<b>Geomorfología</b> .....	8
2.2.4.	<b>Tipos de suelos</b> .....	9
2.2.5.	<b>Propiedades físicas de los suelos</b> .....	9
2.2.6.	<b>Perfil del suelo</b> .....	11
2.2.7.	<b>Condiciones atmosféricas</b> .....	12
2.2.7.1.	<i>Clima</i> .....	12
2.2.7.2.	<i>Humedad</i> .....	12
2.2.7.3.	<i>Presión</i> .....	12
2.2.7.4.	<i>Altura</i> .....	13
2.2.8.	<b>Características fisicoquímicas del suelo</b> .....	13
2.2.8.1.	<i>Estructura</i> .....	13
2.2.8.2.	<i>Textura</i> .....	13
2.2.8.3.	<i>Densidad aparente</i> .....	14
2.2.8.4.	<i>Materia orgánica</i> .....	14
2.2.9.	<b>Características del suelo de Rumipamba</b> .....	15
2.2.9.1.	<i>Inceptisoles</i> .....	15
2.2.9.2.	<i>Entisoles</i> .....	15
2.2.9.3.	<i>Molisoles</i> .....	15
2.2.10.	<b>RADIATIVIDAD</b> .....	16
2.2.10.1.	<i>Concepto</i> .....	16
2.2.10.2.	<i>Tipos de radiactividad</i> .....	16
2.2.11.	<b>Radioactividad artificial</b> .....	16
2.2.12.	<b>Radioactividad natural</b> .....	16
2.2.13.	<b>Radón</b> .....	17
2.2.14.	<b>Propiedades fisicoquímicas del gas radón</b> .....	18
2.2.14.1.	<i>Propiedades físicas</i> .....	18
2.2.14.2.	<i>Propiedades Químicas</i> .....	19
2.2.15.	<b>Riesgo del Radón</b> .....	20
2.2.15.1.	<i>Fuente</i> .....	21
2.2.15.2.	<i>Transporte</i> .....	21
2.2.15.3.	<i>Difusión</i> .....	22
2.2.15.4.	<i>Sistema de detección de gas radón en el suelo</i> .....	22
2.2.16.	<b>Detector Rad 7</b> .....	23
2.2.17.	<b>Sonda de acero inoxidable</b> .....	23



2.2.18.	<i>Unidad de secado</i> .....	24
2.2.19.	<i>Métodos de medición de gas radón</i> .....	26
2.2.20.	<i>Correlación de Pearson</i> .....	26
2.2.20.1.	<i>Propiedades del coeficiente de Pearson</i> .....	28
2.3.	<b>Bases conceptuales</b> .....	29
2.3.1.	<i>Humedad relativa</i> .....	29
2.3.2.	<i>Presión barométrica</i> .....	29
2.3.3.	<i>Radón</i> .....	29
2.3.4.	<i>Detector Rad 7</i> .....	29
2.3.5.	<i>Correlación de Pearson</i> .....	29
2.4.	<b>Base legal</b> .....	30
2.4.1.	<i>Constitución de la República del Ecuador</i> .....	30
2.4.2.	<i>Código orgánico del ambiente</i> .....	30
2.4.3.	<i>Ministerial 097-A: NORMA DE CALIDAD AMBIENTAL DEL RECURSO SUELO Y CRITERIOS DE REMEDIACION PARA SUELOS CONTAMINADOS</i> .....	31

### CAPÍTULO III

3.	<b>MARCO METODOLÓGICO</b> .....	32
3.1.	<b>Diseño de investigación</b> .....	32
3.2.	<b>Nivel de investigación</b> .....	32
3.3.	<b>Diseño de investigación</b> .....	32
3.3.1.	<i>“Según la manipulación o no de la variable independiente (no experimental, casi experimental, experimental)”</i> .....	32
3.3.2.	<i>“Según las intervenciones en el trabajo de campo (transversal, longitudinal)”</i> .....	32
3.4.	<b>Tipo de estudio</b> .....	33
3.5.	<b>Población y Planificación, selección y cálculo del tamaño de la muestra</b> .....	33
3.5.1.	<i>Extensión del área de estudio</i> .....	33
3.5.2.	<i>Planificación del periodo experimental</i> .....	33
3.5.3.	<i>Selección de la muestra</i> .....	33
3.5.4.	<i>Tamaño de la muestra</i> .....	33
3.6.	<b>Métodos, técnicas e instrumentos de investigación</b> .....	33
3.6.1.	<i>Lugar de desarrollo de la investigación</i> .....	33
3.6.2.	<i>Lugar de recolección de muestras de suelo y medición de gas radón</i> .....	34

3.6.3.	<i>Medición de la concentración del gas radón en suelo</i> .....	35
3.6.4.	<i>Metodología de muestreo de suelo para análisis fisicoquímico</i> .....	36
3.6.5.	<i>Metodología para recolección de muestras de suelo para densidad aparente y humedad</i> .....	44
3.6.6.	<i>Determinación de las variables meteorológicas</i> .....	47
3.6.7.	<i>Análisis Estadístico Inferencial</i> .....	47

## CAPÍTULO IV

4.	<b>MARCO DE ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS</b> .....	49
4.1.	<b>Cuantificación de los parámetros fisicoquímicos</b> .....	49
4.1.1.	<i>Cuantificación de la humedad relativa</i> .....	49
4.1.2.	<i>Cuantificación de la presión barométrica</i> .....	49
4.2.	<b>Concentraciones de gas radón en los transectos</b> .....	50
4.2.1.	<i>Concentración de gas radón en el transecto 1</i> .....	50
4.2.2.	<i>Concentración de gas radón en el transecto 2</i> .....	51
4.2.3.	<i>Concentración de gas radón en el transecto 3</i> .....	51
4.2.4.	<i>Concentración de gas radón en el transecto 4</i> .....	52
4.2.5.	<i>Concentración de gas radón en el transecto 5</i> .....	53
4.3.	<b>Correlaciones de Pearson</b> .....	53
4.3.1.	<i>Transecto 1</i> .....	53
4.3.1.1.	<i>Correlación de Pearson entre la concentración de gas radón y la humedad del suelo</i> .....	53
4.3.1.2.	<i>Correlación de Pearson entre la concentración de gas radón y la presión barométrica</i> .....	54
4.3.1.3.	<i>Correlación de Pearson entre la concentración de gas radón y el pH del suelo</i> .....	54
4.3.1.4.	<i>Correlación de Pearson entre la concentración de gas radón y la conductividad del suelo</i> .....	54
4.3.1.5.	<i>Correlación de Pearson entre la concentración de gas radón y la altitud en relación con el nivel del mar</i> .....	55
4.3.1.6.	<i>Correlación de Pearson entre la concentración de gas radón y la materia orgánica del suelo</i> .....	55
4.3.2.	<i>Transecto 2</i> .....	55
4.3.2.1.	<i>Correlación de Pearson entre la concentración de gas radón y la humedad del suelo</i> .....	55

4.3.2.2.	<i>Correlación de Pearson entre la concentración de gas radón y la presión barométrica</i>	56
4.3.2.3.	<i>Correlación de Pearson entre la concentración de gas radón y el pH del suelo</i>	56
4.3.2.4.	<i>Correlación de Pearson entre la concentración de gas radón y la conductividad del suelo</i>	57
4.3.2.5.	<i>Correlación de Pearson entre la concentración de gas radón y la altitud en relación con el nivel del mar</i>	57
4.3.2.6.	<i>Correlación de Pearson entre la concentración de gas radón y la materia orgánica del suelo</i>	57
<b>4.3.3.</b>	<b><i>Transecto 3</i></b>	<b>58</b>
4.3.3.1.	<i>Correlación de Pearson entre la concentración de gas radón y la humedad del suelo</i>	58
4.3.3.2.	<i>Correlación de Pearson entre la concentración de gas radón y la presión barométrica</i>	58
4.3.3.3.	<i>Correlación de Pearson entre la concentración de gas radón y el pH del suelo</i>	58
4.3.3.4.	<i>Correlación de Pearson entre la concentración de gas radón y la conductividad del suelo</i>	59
4.3.3.5.	<i>Correlación de Pearson entre la concentración de gas radón y la altitud en relación con el nivel del mar</i>	59
4.3.3.6.	<i>Correlación de Pearson entre la concentración de gas radón y la materia orgánica del suelo</i>	60
<b>4.3.4.</b>	<b><i>Transecto 4</i></b>	<b>60</b>
4.3.4.1.	<i>Correlación de Pearson entre la concentración de gas radón y la humedad del suelo</i>	60
4.3.4.2.	<i>Correlación de Pearson entre la concentración de gas radón y la presión barométrica</i>	60
4.3.4.3.	<i>Correlación de Pearson entre la concentración de gas radón y el pH del suelo</i>	61
4.3.4.4.	<i>Correlación de Pearson entre la concentración de gas radón y la conductividad del suelo</i>	61
4.3.4.5.	<i>Correlación de Pearson entre la concentración de gas radón y la altitud en relación con el nivel del mar</i>	61
4.3.4.6.	<i>Correlación de Pearson entre la concentración de gas radón y la materia orgánica del suelo</i>	62
<b>4.3.5.</b>	<b><i>Transecto 5</i></b>	<b>62</b>
4.3.5.1.	<i>Correlación de Pearson entre la concentración de gas radón y la humedad del suelo</i>	62

4.3.5.2. <i>Correlación de Pearson entre la concentración de gas radón y la presión barométrica</i>	63
4.3.5.3. <i>Correlación de Pearson entre la concentración de gas radón y el pH del suelo</i>	63
4.3.5.4. <i>Correlación de Pearson entre la concentración de gas radón y la conductividad del suelo</i>	63
4.3.5.5. <i>Correlación de Pearson entre la concentración de gas radón y la altitud en relación con el nivel del mar</i>	64
4.3.5.6. <i>Correlación de Pearson entre la concentración de gas radón y la materia orgánica del suelo</i>	64

## **CAPITULO V**

<b>CONCLUSIONES</b>	65
<b>RECOMENDACIONES</b>	66
<b>BIBLIOGRAFÍA</b>	67
<b>ANEXOS</b>	77

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1-2:</b> Propiedades físicas del gas radón.....	18
<b>Tabla 2-2:</b> Propiedades químicas del gas radón .....	19
<b>Tabla 1-4:</b> Correlación entre la concentración de gas radón y la humedad del suelo. ....	53
<b>Tabla 2-4:</b> Correlación entre la concentración de gas radón y la presión barométrica .....	54
<b>Tabla 3-4:</b> Correlación entre la concentración de gas radón y el pH del suelo. ....	54
<b>Tabla 4-4:</b> Correlación entre la concentración de gas radón y la conductividad. ....	54
<b>Tabla 5-4:</b> Correlación entre la concentración de gas radón y la altitud. ....	55
<b>Tabla 6-4:</b> Correlación entre la concentración de gas radón y la materia orgánica. ....	55
<b>Tabla 7-4:</b> Correlación entre la concentración de gas radón y la humedad del suelo. ....	56
<b>Tabla 8-4:</b> Correlación entre la concentración de gas radón y la presión barométrica. ....	56
<b>Tabla 9-4:</b> Correlación entre la concentración de gas radón y el pH del suelo. ....	56
<b>Tabla 10-4:</b> Correlación entre la concentración de gas radón y la conductividad del suelo.....	57
<b>Tabla 11-4:</b> Correlación entre la concentración de gas radón y la altitud.....	57
<b>Tabla 12-4:</b> Correlación entre la concentración de gas radón y la materia orgánica del suelo...57	57
<b>Tabla 13-4:</b> Correlación entre la concentración de gas radón y la humedad del suelo. ....	58
<b>Tabla 14-4:</b> Correlación entre la concentración de gas radón y la presión barométrica. ....	58
<b>Tabla 15-4:</b> Correlación entre la concentración de gas radón y el pH del suelo.....	58
<b>Tabla 16-4:</b> Correlación entre la concentración de gas radón y la conductividad del suelo.....	59
<b>Tabla 17-4:</b> Correlación entre la concentración de gas radón y la altitud. ....	59
<b>Tabla 18-4:</b> Correlación entre la concentración de gas radón y la materia orgánica del suelo...60	60
<b>Tabla 19-4:</b> Correlación entre la concentración de gas radón y la humedad del suelo. ....	60
<b>Tabla 20-4:</b> Correlación entre la concentración de gas radón y la presión barométrica. ....	60
<b>Tabla 21-4:</b> Correlación entre la concentración de gas radón y el pH del suelo.....	61
<b>Tabla 22-4:</b> Correlación entre la concentración de gas radón y la conductividad del suelo.....	61
<b>Tabla 23-4:</b> Correlación entre la concentración de gas radón y la altitud. ....	61
<b>Tabla 24-4:</b> Correlación entre la concentración de gas radón y la materia orgánica del suelo...62	62

<b>Tabla 25-4:</b> Correlación entre la concentración de gas radón y la humedad del suelo. ....	62
<b>Tabla 26-4:</b> Correlación entre la concentración de gas radón y la presión barométrica. ....	63
<b>Tabla 27-4:</b> Correlación entre la concentración de gas radón y el pH del suelo.....	63
<b>Tabla 28-4:</b> Correlación entre la concentración de gas radón y la conductividad del suelo.....	63
<b>Tabla 29-4:</b> Correlación entre la concentración de gas radón y la altitud. ....	64
<b>Tabla 30-4:</b> Correlación entre la concentración de gas radón y la materia orgánica del suelo...	64

## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

<b>Ilustración 1-2:</b> Geomorfología del Ecuador .....	9
<b>Ilustración 2-2:</b> Tabla de Munsell .....	11
<b>Ilustración 3-2:</b> Tipos de Horizontes .....	12
<b>Ilustración 4-2:</b> Tipos de estructura de suelo .....	13
<b>Ilustración 5-2:</b> Diagrama triangular para la determinación de textura .....	14
<b>Ilustración 6-2:</b> Materia orgánica del suelo .....	15
<b>Ilustración 7-2:</b> Serie de desintegración radiactiva del Uranio-238 .....	18
<b>Ilustración 8-2:</b> Fuentes de radiación a la que se exponen los seres vivos .....	20
<b>Ilustración 9-2:</b> Contribución de fuentes de exposición de origen natural y artificial a la dosis de radiación promedio recibida por una persona de España durante un año .....	21
<b>Ilustración 10-2:</b> Sistema de detección de gas radón.....	22
<b>Ilustración 11-2:</b> Detector RAD 7 .....	23
<b>Ilustración 12-2:</b> Sonda de acero inoxidable.....	24
<b>Ilustración 13-2:</b> Tubos de secado y desecador.....	25
<b>Ilustración 14-2:</b> Configuración del detector .....	25
<b>Ilustración 15-2:</b> Configuración del detector .....	26
<b>Ilustración 16-3:</b> Área de estudio .....	34
<b>Ilustración 17-3:</b> Lugar de recolección de muestras.....	34
<b>Ilustración 18-3:</b> Equipo Rad 7 .....	35
<b>Ilustración 19-3:</b> Purga del equipo .....	35
<b>Ilustración 20-3:</b> Medición del gas.....	36
<b>Ilustración 21-3:</b> Limpieza de la zona para la recolección de la muestra .....	37
<b>Ilustración 22-3:</b> Perforación del suelo.....	37
<b>Ilustración 23-3:</b> Perforación del suelo.....	38
<b>Ilustración 24-3:</b> pH metro.....	39
<b>Ilustración 25-3:</b> Conductímetro .....	39

<b>Ilustración 27-3:</b> Mufla.....	40
<b>Ilustración 28-3:</b> Peso de la muestra.....	41
<b>Ilustración 29-3:</b> Muestras de suelo en la mufla .....	42
<b>Ilustración 30-3:</b> Determinación de la estructura .....	43
<b>Ilustración 31-3:</b> Determinación de la textura.....	43
<b>Ilustración 32-3:</b> Determinación de la textura.....	44
<b>Ilustración 33-3:</b> Perforación del suelo a 1 m de profundidad.....	44
<b>Ilustración 34-3:</b> Cilindros .....	45
<b>Ilustración 35-3:</b> Estufa .....	46
<b>Ilustración 36-3:</b> Multiparámetro Ambiental portátil .....	47
<b>Ilustración 37-4:</b> Humedad relativa del área de estudio .....	49
<b>Ilustración 38-4:</b> Presión Barométrica del área de estudio .....	50
<b>Ilustración 39-4:</b> Concentración de gas Radón (Bq/ m <sup>3</sup> ) en el transecto 1 .....	50
<b>Ilustración 40-4:</b> Concentración de gas Radón (Bq/ m <sup>3</sup> ) en el transecto 2 .....	51
<b>Ilustración 41-4:</b> Concentración de gas Radón (Bq/ m <sup>3</sup> ) en el transecto 3 .....	52
<b>Ilustración 42-4:</b> Concentración de gas Radón (Bq/ m <sup>3</sup> ) en el transecto 4 .....	52
<b>Ilustración 43-4:</b> Concentración de gas Radón (Bq/ m <sup>3</sup> ) en el transecto 5 .....	53



## **ÍNDICE DE ANEXOS**

**ANEXO A: ANOMALÍAS Y COEFICIENTE DE CORRELACIÓN DE PEARSON**

**ANEXO B: FOTOGRAFÍAS DEL TRABAJO DE CAMPO**

**ANEXO C: FOTOGRAFÍAS DEL TRABAJO EN EL LABORATORIO**

## RESUMEN

Uno de los principales problemas es que en la actualidad la información sobre el gas radón presente en los suelos del territorio ecuatoriano es escasa debido a la falta de investigación por parte de las universidades, empresas privadas, sector público que tiene competencia en los monitoreos y control de gases que pueden afectar a la salud de la ciudadanía, es por esto que se propuso como principal objetivo determinar la concentración de gas Radón en los suelos de Rumipamba, ubicado en el Cantón Colta de la provincia de Chimborazo. La investigación se dividió en dos fases: de campo y de laboratorio; en la primera parte se realizó un muestreo para realizar los análisis fisicoquímicos para obtener la concentración de gas Radón con la ayuda del sistema de detección RAD7, en el cual se establece el método weeks; una unidad de secado y una sonda de acero inoxidable, por un periodo de 2 horas en cada punto. Para el muestreo sistemático se determinó 27 puntos equidistantes con una extensión de 500 m, con un área de estudio de 5 km<sup>2</sup> donde se estableció una correlación entre los parámetros fisicoquímicos y la concentración del gas, con el método analítico de Pearson en el software Pass. En la segunda fase se realizó los análisis estadísticos de pH húmedo, conductividad eléctrica, humedad, materia orgánica, densidad aparente. Estadísticamente los resultados obtenidos de la concentración de gas radón varía entre los  $4110 \pm 148$  a  $120001 \pm 253$  Bq/m<sup>3</sup>. Concluyéndose que el análisis de correlación entre los datos de concentración del gas radón, la humedad relativa y presión atmosférica, con respecto a la humedad y al gas radón existe una correlación negativa lo que indica una interacción inversamente proporcional, lo contrario a la presión barométrica que tiene una correlación positiva muy débil con una incidencia mínima.

**Palabras clave:** <RADÓN>, <RAD7>, <PRESIÓN BAROMÉTRICA>, <CORRELACIÓN DE PEARSON>, <HÚMEDAD RELATIVA >.

1482-DBRA-UPT-2023



## ABSTRACT

One of the main problems is that currently, the information on radon gas present in the soils of the Ecuadorian territory is scarce due to the lack of research by universities, private companies, and the public sector that has competence in the monitoring and control of gases that can affect the health of citizens. This study aimed to determine the concentration of Radon gas in the soils of Rumipamba, located in the Colta Canton, in the province of Chimborazo. The research was divided into two phases: field and laboratory. In the first part, sampling was carried out to carry out the physicochemical analyses to obtain the concentration of Radon gas with the help of the RAD7 detection system, in which the week's method was established: a drying unit and a stainless steel probe, for 2 hours at each point. For the systematic sampling, 27 equidistant points were determined with an extension of 500 m, with a study area of 5 km<sup>2</sup>, where a correlation was established between the physicochemical parameters and the gas concentration with the Pearson analytical method in the Pass software. In the second phase, the wet pH, electrical conductivity, humidity, organic matter, and bulk density statistical analyses were performed. Statistically, the results obtained from the concentration of radon gas vary between  $4110 \pm 148$  to  $120001 \pm 253$  Bq/m<sup>3</sup>. It is concluded that the correlation analysis between the concentration data of radon gas, relative humidity and atmospheric pressure, concerning humidity and radon gas, there is a negative correlation, which indicates an inversely proportional interaction, the opposite of barometric pressure, which has a very weak positive correlation with a minimal incidence.

Keywords: <RADON>, <RAD7>, <BAROMETRIC PRESSURE>, <PEARSON CORRELATION>, <RELATIVE HUMIDITY>.



Ing. Paul Obregón. Mgs

0601927122

## INTRODUCCIÓN

El gas radón se encuentra en su mayoría en el subsuelo, debido a que este elemento emerge a la superficie mezclándose con otros componentes o a su vez evaporándose de manera que se concentra en lugares con menor ventilación, siendo así muy perjudicial para la salud (Ruano , et al., 2014 pp. 1 - 3). Este gas inerte es monoatómico, inodoro, incoloro y no tiene sabor; es de baja movilidad debido a su corta vida media y se disuelve fácilmente en el agua y en disolventes orgánicos (Rengifo, et al., 2015 pp. 57 - 74). Debido a la prevalencia de uranio y torio en los minerales, se puede descubrir radón en el suelo y el agua. El radón es un gas de baja difusión y, debido a su breve vida media, a menos que sea transferido por otro fluido, llega desde un área cercana al lugar de detección. (Suarez, 1979, p. 93).

La concentración de este gas proveniente del suelo depende de varios factores, entre los que destacan la permeabilidad y la cantidad de radio presente; este tipo de gas, tiene mayor movilidad que el uranio y el radio, que son fijos en la materia sólida en rocas y suelos (Rodríguez, et al., 2015 pp. 2 - 3). El radón puede salir más fácilmente de las rocas y suelos, escapando en fracturas y aberturas en las rocas y en los espacios porosos entre los granos de suelo; el método y la velocidad del movimiento del radón a través de los suelos está controlada por la cantidad de agua presentes en el espacio poroso es decir el contenido de humedad del suelo, el porcentaje de espacio poroso en el suelo y la "interconexión" de los espacios porosos que determina la capacidad del suelo para transmitir agua y aire. El clima puede tener un efecto profundo sobre la concentración de radón en el gas del suelo, pero a menudo la variación debida al sustrato geológico es mayor. El radón no es un problema a menos que se acumule en edificios y estructuras subterráneas, (Otton, 2015, pp. 1 - 5).

El gas radón puede descargarse a través de fallas y fracturas en zonas de fallas activas, lo que puede mejorar aún más con la actividad de fallas y terremotos (Chen , et al., 2018 p. 2) . Se han realizado estudios para medir las concentraciones de radón en el suelo alrededor de las fallas, como en las montañas East Franklin en el área de El Paso en el oeste de Texas (López, et al., 2016 p. 267). El radón se diferencia de los gases tectónicos en que se produce a todas las profundidades, pero su difusión lenta y su vida media corta limitan su migración a distancias cortas (Rodríguez, 2007 p. 10). Es importante monitorear y mitigar los niveles de radón en áreas con zonas de fallas activas para prevenir posibles riesgos para la salud, sin embargo, en Ecuador y específicamente en la provincia de Chimborazo no se han realizado investigaciones apropiadas sobre este tema, por lo cual existen una alta deficiencia de información ante este elemento que es de alto riesgo, que puede provocar la muerte y está presente en nuestro alrededor, (Otton, 2015, pp. 1 - 5).

## CAPÍTULO I

### 1. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

#### 1.1. Planteamiento del problema

La principal fuente de radón (en la mayoría de los casos) es el suelo y la causa es su contenido natural en uranio y torio, de los cuales se genera  $^{226}\text{Ra}$ , por así decirlo. En otras palabras, el gas radón se produce durante su descomposición. Así, mientras que los terrenos de origen basáltico poseen 1 ppm de uranio y 4 ppm de torio, las areniscas, al igual que los carbonatados poseen 0.5 ppm de uranio y 1.7 ppm de torio, los arcillosos poseen 3.5 ppm y 11 ppm respectivamente, los graníticos poseen 5 ppm de uranio y 12 ppm en torio, poseyendo un mayor potencial emisor de radón (Quindós, et al., 1989 p. 23). Se ha evaluado que una concentración 1 Bq·kg<sup>-1</sup> de radio, equivale a 1700 Bq·m<sup>-3</sup> de concentración de actividad de radón en el suelo. Las concentraciones de radón en la mayoría de los tipos de suelo en la corteza terrestre pueden variar varias veces por volumen (Quindós, et al., 1989 p. 24). El radón se mueve en el suelo principalmente por difusión y convección, dependiendo de propiedades como la porosidad, la permeabilidad o la presencia de grietas o defectos. Este penetra en las edificaciones a través de las grietas de los cimientos, a través de los cerramientos en contacto con el suelo, las paredes y huecos, e incluso por las propias cañerías de los cuartos de baño, (Revista Mexicana de Ciencias, 2020, pp. 157 - 177).

#### 1.2. Formulación del problema

¿Cuál es la concentración del gas radón en el suelo respecto a los parámetros atmosféricos ambientales y fisicoquímicos en suelos de la comunidad Rumipamba del cantón Colta de la provincia de Chimborazo?

#### 1.3. Problema general de investigación

En la actualidad la información sobre el gas radón presente en los suelos del territorio ecuatoriano es escasa debido a la falta de investigación por parte de las universidades, empresas privadas, sector público que tiene competencia en los monitoreos y control de gases que pueden afectar a la salud de la ciudadanía (Ruano, et al., 2014 p. 440). Con el apoyo suficiente se puede beneficiar todos estos sectores ya que dicho gas en otros países se lo estudia debido a su relación con los movimientos sísmicos para poder predecir una posible catástrofe (Salazar, et al., 2004 p. 91).

El radón es un elemento químico con número atómico 86 que se encuentra en el grupo superior de gases de la tabla periódica y comparte la propiedad química inerte. Su densidad es de 9,73 kg m<sup>-3</sup> a 0 °C. Sus puntos de fusión y ebullición son -71°C y -62°C, respectivamente; A temperatura ambiente, es un gas incoloro, inodoro e insípido, aunque en estado sólido puede tener diferentes colores desde ligeramente amarillo (a bajas temperaturas) hasta rojo anaranjado a temperatura del aire líquido (-140 °C). Su concentración media en el aire es de un átomo por 10<sup>18</sup> átomos de aire, y su coeficiente de difusión en este medio es de 10<sup>-4</sup> m<sup>2</sup>s<sup>-1</sup>; Tiene una alta solubilidad en agua, que aumenta al disminuir la temperatura ( $0,23 \times 10^{-3}$  m<sup>3</sup>kg<sup>-1</sup> a 20 °C y  $0,51 \times 10^{-3}$  m<sup>3</sup>kg<sup>-1</sup> a 0 °C), (Revista Mexicana de Ciencias, 2020, pp. 157 - 177).

El radón atmosférico alcanza el equilibrio radiactivo con su primer descendiente de vida corta en 20 minutos, y tarda unas tres horas en alcanzar el equilibrio con todas las especies de vida corta. Si la concentración local de radón cambia durante este tiempo, causará un desequilibrio, si se alcanza, o dificultará la instalación en otro lugar, (Revista Mexicana de Ciencias, 2020, pp. 157 - 177).

#### **1.4. Problema específico**

La información escasa y dispersa en cuanto a la existencia de la concentración de gas radón en los suelos de Rumipamba del Cantón Colta perteneciente a la provincia de Chimborazo.

#### **1.5. Justificación**

Este elemento que pertenece a la familia de gases nobles es considerado, según estudios de la OMS como la segunda causa de muerte de cáncer pulmonar, atacando principalmente a los no fumadores, porque genera alteración del ADN en el tejido pulmonar, emitiendo partículas radiactivas que se sedimentan dentro de los pulmones afectando principalmente al sistema respiratorio, (Aucapiña G. & Llanes R., 2015, pp. 1 - 9).

El Ecuador presenta un 25% de la información sobre la magnitud de amenaza que puede presentar el gas debido a que su principal foco de contaminación es el terreno, y la causa principal es la concentración de Torio y Uranio este gas noble se traslada por en terreno principalmente por difusión y convección dependiendo de las propiedades del suelo como son la porosidad y la permeabilidad. Para el presente trabajo contamos con los equipos necesarios para realizar el monitoreo en los suelos del sector Rumipamba los mismos que serán facilitados por el grupo de investigación GIDAC, siendo esta investigación parte del proyecto de investigación “Exploración

de la falla Pallatanga con técnicas nucleares y geofísicas (radón, magnetometría y gravimetría), estudio de caso de un área sísmicamente activa en Ecuador”

## **1.6. Objetivos**

### ***1.6.1. Objetivo general***

Determinar la concentración de gas radón en los suelos de Rumipamba, Cantón Colta – Chimborazo.

### ***1.6.2. Objetivos específicos***

- Cuantificar la incidencia los parámetros atmosféricos ambientales (humedad relativa y presión atmosférica) del área de estudio en la concentración del gas radón.
- Evaluar la incidencia de los parámetros fisicoquímicos y químicos en la concentración del gas radón.

## **1.7. Hipótesis**

Existe correlación entre la concentración de gas radón en suelo con las propiedades fisicoquímicas del mismo.

## CAPÍTULO II

### 2. MARCO TEÓRICO

#### 2.1. Antecedentes de investigación

El radón es un importante gas terrestre cuya presencia y concentración son fáciles de detectar. Las mediciones de la concentración de radón dentro de la corteza terrestre se han realizado durante mucho tiempo con la esperanza de detectar fuentes distantes o conocer los procesos de liberación de gas, (Suarez, 1979, p. 93). Sin embargo, este elemento al ser un gas inerte y soluble en agua producido en la serie de desintegración del uranio se ha utilizado como transductor de tensión in situ antes de un terremoto, así mismo la concentración de radón se ve afectado por las condiciones geológicas y geofísicas, así como por las influencias atmosféricas, como la lluvia y la presión barométrica, (Piergallini, 2021 p. 135).

En el documento de “Un estudio de caso sobre la correlación entre el radón y múltiples propiedades geofisicoquímicas de los suelos en la isla G, Corea, y los efectos sobre los comportamientos metabólicos bacterianos”, donde observan las propiedades fisicoquímicas y las características microbiológicas se investigaron y compararon, que obtuvo una concentración de radón entre 920 a 3367 Bq/m<sup>3</sup> que depende de la profundidad del suelo, su litología o las propiedades geofisicoquímicas sujetas a cada una de los 12 punto de muestreo, donde se compararon la concentración de radón con el pH, la humedad y a materia orgánica como los más relevantes. Se obtuvo una correlación negativa entre la concentración de radón con respecto al pH indicando que al existir un aumento de acidez se puede suponer que se debe al aumento de la concentración de radón, mientras la humedad al tener un incremento tiende a decrecer la concentración de radón y la materia orgánica tiene una moderada relación con la concentración de radón (Yeong Park, et al., 2020 p. 8).

En la investigación denominada “Evaluación de radón y metales potencialmente tóxicos en suelos agrícolas de Punjab, India”, se estimó la concentración de gas radón en la exhalación y el suelo agrícola de diferentes partes de Amritsar de Punjab, utilizando los detectores Smart RnDuo y RAD7. Se obtuvo valores promedios de los suelos agrícolas de  $0.1 \pm 0.04$  kBq/m<sup>3</sup> a  $9.7 \pm 0.40$  kBq/m<sup>3</sup>, donde se presentó una correlación positiva entre algunos metales tóxicos como son el Zn:Cu, Zn:Cr, Cu:Cr, Cu:Pb y Pb:Cr, el pH y la conductividad se correlacionaron negativamente debido al alto contenido de iones de H<sup>+</sup> presentes en el suelo, mientras que la materia orgánica y



la exhalación masiva expuso una correlación positiva lo cual indica que los suelos con alto contenido orgánico pueden tener afinidad por el radón (Kuar, et al., 2019 p. 452).

Mientras que en el documento publicado por la revista de la asociación de gestión de aire y residuos sobre “Predictores de los niveles de radón en interiores en el Medio Oeste de los Estados Unidos”, investigó la influencia del suelo, la geología, la topografía, las variables atmosféricas, la radiación y la ubicación entre los más relevantes, analizando alrededor de 7515 muestras mensuales de radón durante los años 2005 – 2018 mediante el modelo de bosque aleatorio. Entre los resultados se encontró que la baja humedad del suelo se puede asociar con altos niveles de radón, al igual que la disminución de la emanación de radón lo que provoca que exista niveles bajos de este gas. También se menciona que la topografía del lugar como elevaciones altas y pendientes se asocian con los niveles altos de radón, en ciertos casos las pendientes de los terrenos pueden tener niveles elevados debido a la permeabilidad del suelo, (Carrion-Matta, et al., 2021 p. 1520).

Por otro lado en el documento de “Evaluación de riesgos del radón en el distrito de South Dayi de la región de Volta, Ghana”, se realizó la investigación de 30 sitios dentro del distrito de South-Dayi con la ayuda de detectores LR115 tipo II que posteriormente fueron trasladados al laboratorio de detección de vías nucleares de la comisión de energías atómicas de Ghana, presentando los resultados de una concentración media de radón en el suelo de  $1.76 \pm 0.91$  kBq/m<sup>3</sup> con valores que oscilaron entre 0,38 y 3,93 kBq/m<sup>3</sup>, la correlaciones que se obtuvieron entre la concentración de radón y la altitud del lugar fue positiva débil ,lo que implica que la concentración del radón en el suelo aumenta con la altitud y disminuye igualmente con menor altitud (Ansre, et al., 2017 p. 7).

En cambio, en el documento de “Mitigación del radón mediante la despresurización del suelo: estudio de caso: concentración de radón y monitorización de la extensión del campo de presión en una casa piloto en España”, se realizó un estudio donde incluyó el seguimiento de la concentración de radón, la expansión del campo de presión bajo la losa y algunos parámetros atmosféricos durante las diferentes fases de prueba. En combinación con las variables atmosféricas, se analizó el comportamiento de la concentración de radón en la sala piloto y se encontró que la concentración de radón tiene una relación significativa con la presión atmosférica, la temperatura exterior y el viento. Se obtuvo una concentración promedio de radón de 26 kBq/m<sup>3</sup> , dando una correlación significativa entre la presión atmosférica y la concentración del radón, (Fuente, et al., 2019 p. 7).

Por añadidura en el trabajo de titulación “Correlación de las variables meteorológicas y físicas del suelo, con la concentración de radón en el mismo, en ocho puntos de la periferia de la ciudad

de Cuenca, Ecuador”, se usó dos tipos de cámaras a una misma profundidad (60 cm), cámara de difusión con membrana y una cámara de difusión sin membrana; la primera determinó un valor mayor en concentración 2610 Bq/m<sup>3</sup> y un valor menor de 10 Bq/m<sup>3</sup>, mientras que con la cámara sin membrana la concentración de gas radón está muy por encima con valores de 4926 Bq/m<sup>3</sup> y un valor menor de 75 Bq/m<sup>3</sup>, indicando que estos resultados dependen de las variables meteorológicas como la humedad y precipitación. Sin embargo, las correlaciones mostraron que la concentración del gas radón no tiene correlación con las características fisicoquímicas del suelo ya que el nivel de significancia es superior al 0,05 requerido para validar la correlación entre las variables de estudio, (González, 2018 p. 50).

Así mismo en el estudio de “El efecto de los parámetros meteorológicos sobre la concentración de radón en el gas del suelo”, las concentraciones de radón del gas del suelo se monitorearon continuamente a intervalos de diez minutos durante nueve meses usando el sistema AlphaGUARD, y las fluctuaciones en las concentraciones de radón se compararon con los datos meteorológicos regionales usando diagramas de tiempo. Los valores de concentración de gas radón del suelo están entre 0.1 y 160 kBq/m<sup>3</sup>, dando así una correlación positiva entre la concentración gas radón y la humedad del suelo, observándose diferentes concentraciones así entre los picos de humedad en el tiempo de monitoreo. Los niveles de radón son más altos a fines del invierno y principios de la primavera, cuando el clima es relativamente húmedo y variable, y más bajos en otoño, cuando el clima es generalmente seco y estable (Kulali, et al., 2017 p. 1000).

Por otro lado , el proyecto de investigación denominado “Concentración de radon-222 en el suelo de una zona del cantón Riobamba perpendicular a la falla Pallatanga”, determinó 32 puntos de muestreo, distribuidos entre la parroquia San Juan, Calpi y Lizarzaburu, encontrándose entre ellos el valor más alto de gas radón en la parroquia Calpi ( 19900 ± 340 Bq/m<sup>3</sup> ) usando el método de Grab y Weeks para una mayor exactitud a una profundidad de un metro, (Herrera, et al., 2021 p. 37).

Mientras que en el proyecto “Estimación de la concentración de gas radón en suelo mediante el método weeks en la falla Pallatanga en el sector de Cajabamba” se analizaron 30 puntos perpendiculares a la Falla Pallatanga, obteniendo que la mayor concentración de gas radón se encuentra en los puntos más altos, sin embargo, estos no presentaron correlación significativa con las características fisicoquímicas del suelo (Guillca, et al., 2022 p. 33).

## **2.2. Referencias teóricas**

### **2.2.1. Suelo**

Es la capa superficial de la tierra y constituye el medio donde se desarrolla la vida, capaz de aportar los nutrientes fundamentales para el crecimiento de los vegetales y almacenar agua de lluvia para que sea utilizado por las plantas (Guerrero, 2017 p. 73).

### **2.2.2. Origen**

El origen de los suelos en el Ecuador está indicado por la existencia de tres grandes grupos. Los suelos aluviales se forman sobre los materiales sedimentarios jóvenes pertenecientes a dos ambientes diferentes: el medio caudal marino y medio fluvial. que creció en las cenizas volcánica, ocupando más del 30% del territorio nacional, la producción agrícola se consideran suelos desarrollados y por lo tanto aptos. Desarrollo de la actividad agrícola y suelo formado por las rocas madre se consideran no desarrolladas porque son geológicamente jóvenes y provienen de cenizas muy jóvenes o se encuentran en áreas condiciones climáticas donde la sequía limita la tasa de meteorización materiales originales (Pavón, et al., 2021 p. 4).

### **2.2.3. Geomorfología**

En el Ecuador, el principal rasgo geomorfológico es la presencia de la Cordillera de los Andes en el centro de la región, la cual atraviesa el país de norte a sur en dirección al meridiano, a partir del cual se inicia la división fisiográfica del país: la costa o litoral consta de muchas colinas prominentes y grandes llanuras, en el medio. Las Islas Galápagos, por otro lado, son una entidad original (Frias, 2015 p. 5).



**Ilustración 1-2:** Geomorfología del Ecuador

Fuente: (Frias, 2015 p. 5)

#### 2.2.4. *Tipos de suelos*

Según (Michéli, et al., 2016 p. 342) existen 12 órdenes de suelos que se diferencian por la presencia o ausencia de determinados horizontes de diagnóstico o rasgos que son evidencias de diferencias en el grado y clase de los procesos edafogénicos dominantes en la evaluación del suelo:

- Entisoles
- Inceptisoles
- Molisoles
- Alfisoles
- Ultisoles
- Espodosoles
- Oxisoles
- Aridisoles
- Andisoles
- Vertisoles Histosoles
- Gelisoles

#### 2.2.5. *Propiedades físicas de los suelos*

Según (Rucks, et al., 2004, p. 2), las propiedades físicas de los suelos establecen en gran medida, la capacidad de muchos de los usos a los que el hombre los sujeta. El estado físico de un suelo

determina su rigidez y fuerza de soporte, facilidad de penetración de raíces, aireación, drenaje y capacidad de almacenamiento de agua, plasticidad y retención de nutrientes.

- *Textura*

Se refiere a las cantidades relativas de partículas de diverso tamaño que contiene el suelo, es una de las características más permanentes y dependen de las características del material parental, y de los procesos de formación que sobre este actúan, (Gelati, 2020 p. 127).

“Está compuesto de partículas que varían en tamaño desde pequeñas piedras hasta partículas de arcilla que no se pueden ver con un microscopio estándar”. La materia mineral que compone el suelo se divide en tres divisiones según su tamaño: arena (2 a 0,05 mm), (0,05 a 0,002 mm) y limo (menos de 0,002 mm), (Gelati, 2020 p. 128).

- *Densidad*

Es un método para evaluar la resistencia del suelo a la extensión de las raíces. También se utiliza para traducir datos informados en concentraciones a masa o volumen, cálculos que se emplean comúnmente en fertilidad y fertilización agrícola. La densidad aparente varía con la textura del suelo y la concentración de materia orgánica; puede alterarse periódicamente como resultado de la labranza y la humedad del suelo, particularmente en suelos arcillosos en expansión. El enfoque del cilindro es la forma más comúnmente empleada en nuestro país para realizar esta determinación, (Rojas, et al., 2012, p. 1).

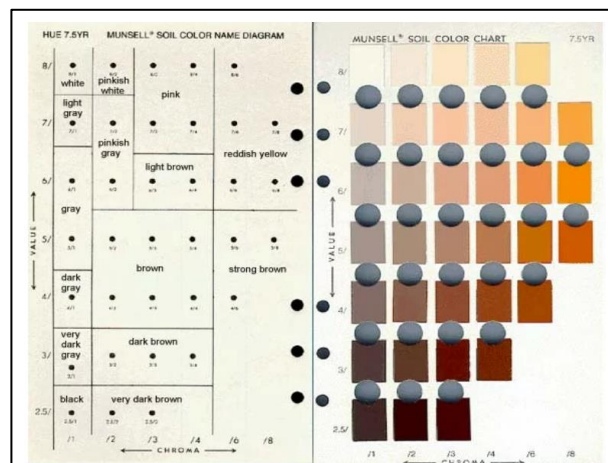
- *Temperatura*

Debido a que el suelo actúa como aislante entre la tierra sólida y la atmósfera, la temperatura del suelo está directamente relacionada con la temperatura de la atmósfera. Sus temperaturas pueden oscilar entre 50°C en verano, cerca de la superficie del suelo en el desierto (más elevada que la temperatura máxima del aire) y valores por debajo de las heladas en invierno. Ayuda a determinar si el agua en el suelo se encuentra en estado gaseoso, líquido o sólido, influyendo el agua en las características de cada horizonte de un perfil de suelo, (GLOBE, 2005, p. 2) .

- *Color*

El color es una de las características más perceptibles del suelo y es importante porque está relacionado con el contenido de materia orgánica, el clima, el drenaje y la mineralogía del suelo, (Thompson, et al., 2012, p. 33).

Para la determinación del color del suelo, se creó un sistema ordenado nuevo denominado Munsell, el cual describe en base a tres variables que se obtienen al comparar el color del suelo con colores estándar que se encuentran ubicados en la Tabla de Munsell, (Casanova, 2005 p. 167).



**Ilustración 2-2:** Tabla de Munsell

Fuente: (NUÑEZ, 2006)

### 2.2.6. Perfil del suelo

Es la descripción de sus horizontes, desde los superiores hasta los más profundos, estos se los puede apreciar en un corte transversal, calicata o un hueco de 2 a 3 m de profundidad y se diferencian por su color y textura, (Pierre, 2018, p. 61). El espesor que presenta un horizonte es variable dependiendo del tipo de suelo, a la acción de los agentes erosivos, a la intensidad de los agentes formadores del suelo y el tiempo que haya tomado su formación.



**Ilustración 3-2:** Tipos de Horizontes

Fuente: (HODGSON, 1987, pp. 61 - 66)

## 2.2.7. Condiciones atmosféricas

### 2.2.7.1. Clima

Es un lugar determinado se puede definir como el valor medio de las variables meteorológicas durante un periodo determinado, además de los valores medios, las fluctuaciones estacionales y los valores máximos, mínimos de las variables en aquel lugar, (Castillo, et al., 1999, p. 15).

### 2.2.7.2. Humedad

En (Castillo, et al., 1999, pp. 15 - 16), menciona que el agua se encuentra en un estado de transformación constante denominado ciclos hidrológicos donde se llevan 3 procesos fundamentales como son la evaporación del agua en los océanos, ríos y otros afluentes, en el suelo mojado y por la transpiración de las plantas, la condensación del vapor de agua en forma de nubes y la precipitación.

### 2.2.7.3. Presión

Según (Castillo, et al., 1999, pp. 15 - 16), es un punto determinado es el peso por unidad de superficie de la columna de aire que se encuentra por encima y está relacionada con la densidad mediante la ecuación de los perfectos:

$$P = \rho RT$$

(1)

Donde:

- P es la presión
- $\rho$  es la densidad
- R es la constante de los gases
- T es la temperatura absoluta

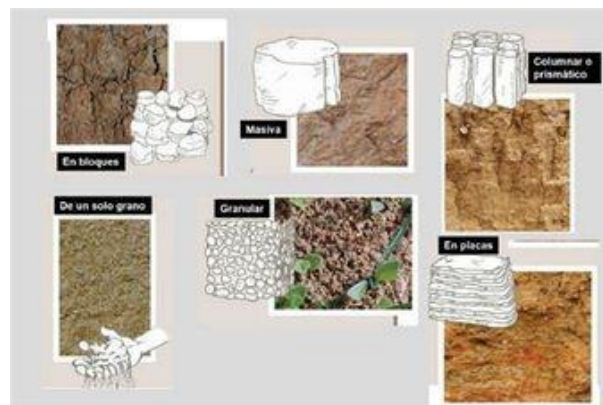
#### 2.2.7.4. *Altura*

Según el (Instituto Geográfica Nacional, 2022), es la distancia vertical de un punto de la superficie terrestre respecto al nivel del mar. La medición del nivel del mar se realizar entre otros métodos mediante mareógrafos que registran a lo largo del tiempo esas variaciones del nivel del mar.

### 2.2.8. *Características fisicoquímicas del suelo*

#### 2.2.8.1. *Estructura*

En (Rucks, et al., 2004, p. 13) se menciona que es el arreglo de las partículas del suelo que involucran arena, arcilla, limo y elementos estructurales formados por la agregación de las fracciones granulométrico. Determina el espacio entre las partículas presentes en el suelo, depende del nivel de observación que se puede clasificar en macroestructuras que es el arreglo de las partículas secundarias y microestructuras es el arreglo de las partículas primarias que se puede visualizar en la Ilustración 4-2.



**Ilustración 4-2:** Tipos de estructura de suelo

Fuente: (Rucks, et al., 2004.)

#### 2.2.8.2. *Textura*

Es la propiedad que representa la cantidad relativa en la que se encuentra los elementos que componen el suelo como se muestra en la Ilustración 6-2 donde la relación de tamaño de las







**Ilustración 6-2:** Materia orgánica del suelo

Fuente: (Pepper, et al., 2019)

### **2.2.9. Características del suelo de Rumipamba**

Se caracteriza por paisajes montañosos altos, bajos y medios, con pendientes pronunciados con suelos formados por ceniza volcánica. Conta de relieves volcánicos colinados ubicados en los alrededores que son formados por suelos negros, mullidos y con buena fertilidad, (PDOT de Juan de Velasco, 2019 p. 74). Entre los que destacan los suelos:

#### **2.2.9.1. Inceptisoles**

Estas son tierras de carácter y visibilidad inciertos. En las zonas de clima frío, la materia orgánica se acumula en la superficie debido a las condiciones de baja descomposición. Estos suelos ocupan la mayor parte de los cañones de la zona, formados por rocas recién expuestas que dominaban la superficie, (PDOT de Juan de Velasco, 2019 p. 75).

#### **2.2.9.2. Entisoles**

Estas características del suelo son visibles principalmente en la parte sureste de la parroquia. Los entisoles son suelos derivados de fragmentos de roca suelta, generalmente formados por el movimiento y deposición de material sedimentario transportado por el agua, (PDOT de Juan de Velasco, 2019 p. 76).

#### **2.2.9.3. Molisoles**

Tienen un color oscuro con mucha materia orgánica y son los suelos más fértiles porque tienen una alta concentración de arcilla, que absorbe mejor los cationes y forma la base de la nutrición

para todo tipo de plantas, por lo que son suelos muy productivos, (PDOT de Juan de Velasco, 2019 p. 75).

## **2.2.10. RADIATIVIDAD**

### *2.2.10.1. Concepto*

La radiactividad es un fenómeno natural que consiste en caso de emisión espontánea de partículas y/o radiación núcleo electromagnético. Como resultado, el núcleo original, el núcleo madre, se transforma generalmente en otro núcleo, un núcleo secundario. Se considera un fenómeno físico que estudia el proceso de desintegración del núcleo de un átomo mediante la emisión de varias partículas subatómicas. Sus primeras observaciones se deben al físico francés Antoine Henri Becquerel por el uso de sales de uranio para abrir las imágenes, demostrando que este elemento emite rayos muy nítidos. Aunque este término fue acuñado por Marie Sklodowska-Curie a fines de 1903, la radiactividad siempre ha estado presente en la naturaleza y ahora se considera una de las fuentes de energía más poderosas que se conocen, (Vásquez, et al., 2019 p. 54).

### *2.2.10.2. Tipos de radiactividad*

La radiactividad emitida por los núcleos puede tener tres tipos que son desconociendo su naturaleza, alfa, beta y gamma. La radiactividad alfa es la emisión de un radionúclido nucleado con helio, 2 una partícula alfa. Este núcleo es uno de los más estables de la naturaleza, formado por dos protones y dos neutrones, y algunos núcleos pesados tienen cierta probabilidad de formación y emisión. El núcleo hijo tiene 2 protón es menos y 2 neutrones menos, o 4 nucleones menos, (Samprietro, et al., 2022, p. 683).

### **2.2.11. Radioactividad artificial**

La radiación humana es aquella que procede de la actividad humana porque ha sido utilizada para diversos fines, aunque es necesario comprobar la aplicación de medidas de protección, en algunos casos se puede recibir una dosis de radiación relativamente baja, (Steiner, A, 2016 p. 32).

### **2.2.12. Radioactividad natural**

La radiación natural se denomina radiación espacial, así como el material radiactivo en la corteza y el núcleo terrestre, este tipo de radiación es la causante de la mayor exposición a la radiación de

la población mundial, por ejemplo, en los edificios, el gas radón puede estar contenido o los materiales acumulados pueden contener radionúclidos, (Steiner, A, 2016 p. 28).

En el ambiente que nos rodea aire, agua y suelo hay abundancia de radionucleidos que liberan su radiactividad y son parte importante de la radiactividad del ambiente. En muchos casos, sus descendientes también son radiactivos, formando largas familias de radionúclidos. Sin embargo, estas fuentes no son las únicas en nuestro entorno, nuestro planeta es constantemente bombardeado con partículas provenientes del espacio llamadas rayos cósmicos (Sanjuán, 2011 p. 5).

### **2.2.13. Radón**

Este gas es radiactivo e inerte (resistente a reacciones químicas), incoloro, inodoro, insípido e invisible, más pesado que el aire y soluble en agua u otros líquidos. Hay tres isótopos principales de radón de tres grandes cadenas radiactivas naturales.

- “La del uranio 238 ( $^{238}\text{U}$ ) en la que se forma radio-226 ( $^{226}\text{Ra}$ ) que se transforma en radón 222 ( $^{222}\text{Rn}$ ) o Radón ( $^{238}\text{U} \rightarrow ^{226}\text{Ra} \rightarrow ^{222}\text{Rn} \rightarrow ^{206}\text{Pb}$ )”.
- “La del uranio 235 ( $^{235}\text{U}$ ) da origen al radio-223 ( $^{223}\text{Ra}$ ) que se desintegra en radón 219 ( $^{219}\text{Rn}$ ) o Actinón ( $^{235}\text{U} \rightarrow ^{223}\text{Ra} \rightarrow ^{219}\text{Rn} \rightarrow ^{207}\text{Pb}$ )”.
- “La del torio 232 ( $^{232}\text{Th}$ ) que produce radio-224 ( $^{224}\text{Ra}$ ) que pasa a ser radón 220 ( $^{220}\text{Rn}$ ) o Torón ( $^{232}\text{Th} \rightarrow ^{224}\text{Ra} \rightarrow ^{220}\text{Rn} \rightarrow ^{208}\text{Pb}$ )”.

Según la revista técnica de (Sanjuán, 2011 p. 5) donde afirma que donde exista Uranio inicial ( $^{238}\text{U}$ ) encontraremos también Radio ( $^{226}\text{Ra}$ ) y en consecuencia Radón ( $^{222}\text{Rn}$ ), estando presente sobre todo en subsuelos graníticos o en algunos suelos volcánicos y en las aguas que se acumulan o transcurren por ellos, generando una distribución muy irregular en todo el planeta que varía aleatoriamente según las épocas del año o incluso de un día a otro.

Se encuentra en casi todos los tipos de suelo o agua. Tiene una vida media de 3,8 días, y en el proceso de descomposición de los elementos móviles en el isótopo estable Pb-206, el gas radón produce una progenie sólida con una vida media de menos de 30 minutos, como el Po-218, Pb-214, el Bi-214 y el Po-214 como se denota en la Ilustración 7-2.



**Ilustración 7-2:** Serie de desintegración radiactiva del Uranio-238

Fuente: (Sanjuán, 2011)

#### 2.2.14. Propiedades fisicoquímicas del gas radón

##### 2.2.14.1. Propiedades físicas

El gas radón se encuentra a una temperatura por debajo del punto de congelación, tiene una brillante fosforescente con tonalidades entre rojo, anaranjado y amarillo. En el agua es muy poco soluble, mientras que en disolventes orgánicos es muy soluble ya que el radón es inversamente proporcional a la temperatura, (Garzon, 2009 p. 19). Las propiedades físicas que posee el radón se tienen en la Tabla 1-2.

**Tabla 1-2:** Propiedades físicas del gas radón

PROPIEDAD	VALOR
Densidad (a 0 °C, 1,013 ×10 <sup>5</sup> Pa) (kg/m <sup>3</sup> )	9.730
Punto de fusión (K)	202.000
Punto de ebullición (K)	208.200
Entalpia de fusión (kJ/mol)	3.247
Entalpia de vaporización (kJ/mol)	18.000

Fuente: (Baskaran, 2016)

Realizado por: Berrones, Samanta & Caluña, Henry, 2023 (GIDAC)

### 2.2.14.2. Propiedades Químicas

Los compuestos de radón son elementos muy activos que son clasificados como un gas noble. Al inhalar los productos solidos de la desintegración de dicho gas puede verse afectado los alveolos pulmonares es por eso por lo que deben ser manipulados por expertos la concentración en el suelo del gas está íntimamente relacionados con su composición mineralógica, pero también presenta fuentes termales, en las minas de uranio se acumulan grandes cantidades de radón con propiedades químicas se tiene en la Tabla 2-2, (Garzon, 2009 p. 16).

**Tabla 2-2:** Propiedades químicas del gas radón

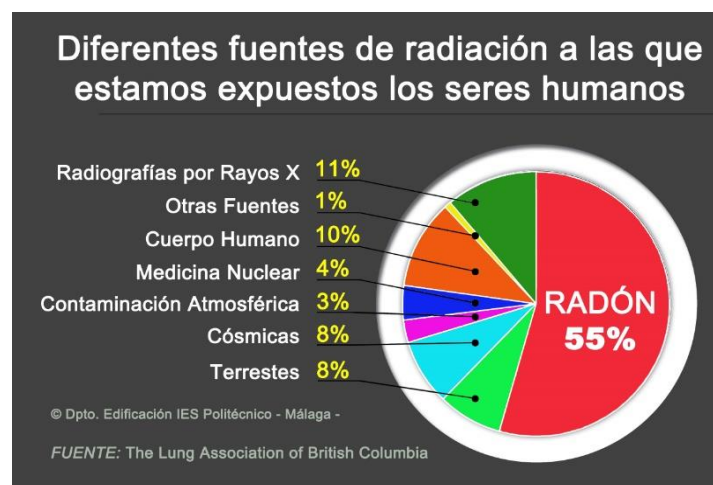
PROPIEDAD	VALOR
Fórmula molecular	Rn
Número atómico	86
Peso molecular	222
Configuración electrónica	[Xe] 4f <sup>14</sup> 5d <sup>10</sup> 6s <sup>2</sup> 6p <sup>6</sup>
Niveles electrónica	2,8,18,32,18,8
Orbital extremo	6p <sup>6</sup>
Número de valencia	+4, +6, +8
Primer potencial de ionización	10,75 eV
Temperatura de fusión	-71 °C
Temperatura de ebullición	-61 °C
Densidad en estado gaseoso	9,73 g/L
Gravedad específica en estado líquido	4,40 (-62°C)
Gravedad específica en estado sólido	4
Compuestos complejos	Rn•6H <sub>2</sub> O Rn•2C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> OH, Rn•2C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> CH <sub>3</sub>
Compuestos inorgánicos	RnF <sub>2</sub> RnF <sub>4</sub> RnCl <sub>4</sub>
Propiedades organolépticas	incoloro, inodoro, insaboro

Fuente: (Garzon, 2009)

Realizado por: Berrones, Samanta & Caluña, Henry, 2023 (GIDAC)

### 2.2.15. Riesgo del Radón

La OMG dice que es el principal causante del cáncer de pulmón, con un 3 a 14% según la concentración de radón en el país correspondiente y el consumo de tabaco; la primera vez que se detectó el aumento de la tasa de cáncer de pulmón entre los trabajadores de minas de uranio que eran expuestos altas concentraciones de radón, el riesgo a dicho cáncer aumenta en 16% por cada incremento de  $100\text{Bq/m}^3$  en la concentración promedio a largo plazo; la probabilidad de que el gas radón lleve a un cáncer de pulmón aumenta cuando la persona es fumadora que es 25 veces más probable que una persona que no fuma y no se ha comprobado que pueda provocar otro tipo de cáncer en los demás órganos, (Organización Mundial de la Salud, 2021 p. 1).

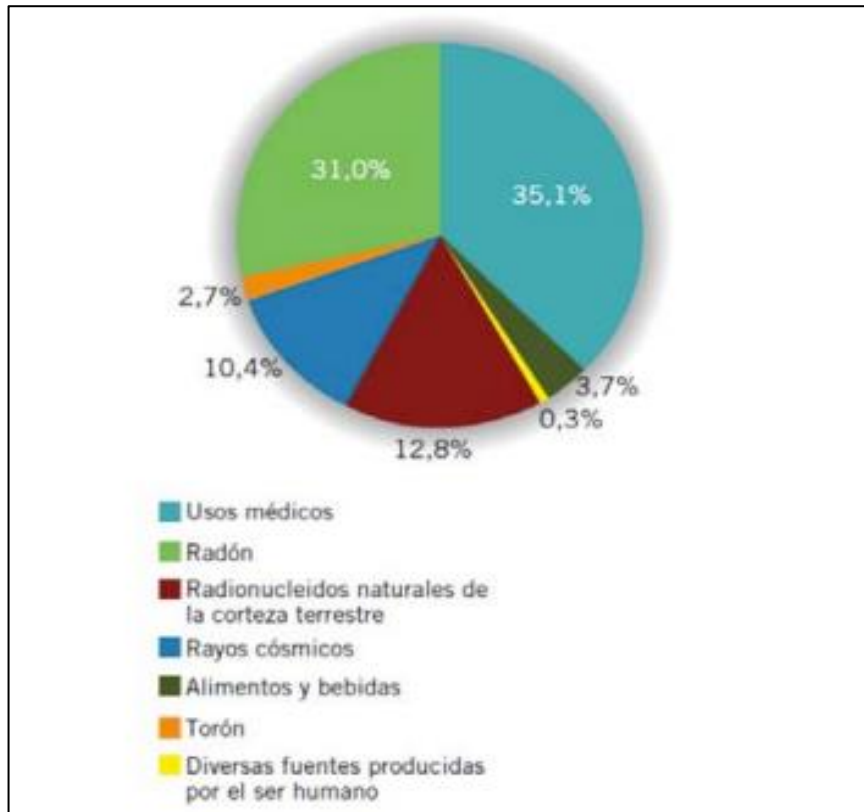


**Ilustración 8-2:** Fuentes de radiación a la que se exponen los seres vivos

Fuente: The Lung Association of British Columbia

Según el Comité Científico de las Naciones Unidas sobre los efectos de la Radiación Atómica (UNSCEAR), el radón representa cerca de la mitad de la exposición humana promedio mundial a fuentes naturales de radiación, considerando siempre que existe una amplia variación debido a su distribución geográfica irregular, (Whacheng, 2015, p. 24).

El daño que este tipo de radiación provoca en el ser humano depende de muchos factores, como la naturaleza e intensidad de la radiación, el tiempo de exposición, la energía transferida, la superficie de radiación o la dosis de radiación; el efecto es más dañino si se recibe la misma radiación por poco tiempo que por mucho tiempo, (Whacheng, 2015, p. 25).



**Ilustración 9-2:** Contribución de fuentes de exposición de origen natural y artificial a la dosis de radiación promedio recibida por una persona de España durante un año

Fuente: CSN. Dosis de Radiación

#### 2.2.15.1. Fuente

Los repositorios de materiales radiactivos de ocurrencia naturales (NORM) contienen cantidades significativas de uranio o radio, que pueden ser una fuente potencial de gas radón local, creando depósitos de gas radón que luego se liberan a la atmósfera, (Gutiérrez, et al., 2021 p. 1).

Se cree que las fallas y fracturas geológicas son el medio por el cual el gas radón migra desde las capas más profundas de la corteza hacia la superficie debido a su mayor permeabilidad y porosidad en relación con la roca circundante, lo que permite que los gases fluyan y, por lo tanto, migren fácilmente. Hacia la superficie, también se cree que la concentración de gas radón en las fallas puede aumentar con la actividad de fallas y terremotos, (Chen , et al., 2018 p. 1).

#### 2.2.15.2. Transporte

A medida que el radio se disuelve, se forma el gas radón, que se libera en los poros, grietas y agujeros del suelo, lo que permite que este gas suba a la superficie y se libere al aire. El



conocimiento de los procesos relacionados con el transporte del radón es necesario para determinar la concentración de radón en las casas antiguas, buscar uranio, predecir terremotos y comprender la radiación natural en el medio ambiente, (Wilkening, 1990 p. 109).

El transporte de radón desde el suelo hasta la superficie está relacionado con el tamaño y la configuración de los espacios ocupados por el gas natural, ya que los espacios pueden variar desde intermoleculares hasta grandes cavernas subterráneas, las ventilaciones pueden estar aisladas, conectadas o sin salida, y el volumen de los poros puede ser una pequeña fracción o menos, (Wilkening, 1990 p. 110).

### *2.2.15.3. Difusión*

Es un proceso microscópico en el que el gas radón en el suelo fluye en la dirección opuesta al gradiente de concentración creciente, es decir, se mueve en la dirección de concentraciones más bajas, teniendo en cuenta el hecho de que la longitud de propagación del gas radón es mayor que la difusión molecular. a unos 5 m de profundidad se limita solo a los primeros metros desde la superficie del suelo, (Wilkening, 1990 p. 110).

### *2.2.15.4. Sistema de detección de gas radón en el suelo*

Para la detección del gas radón en suelo se la realiza con el detector RAD 7, una sonda de acero inoxidable, unidos por tubos de vinilo que pasa por una unidad de secado como se puede visualizar en la Ilustración 10-2.

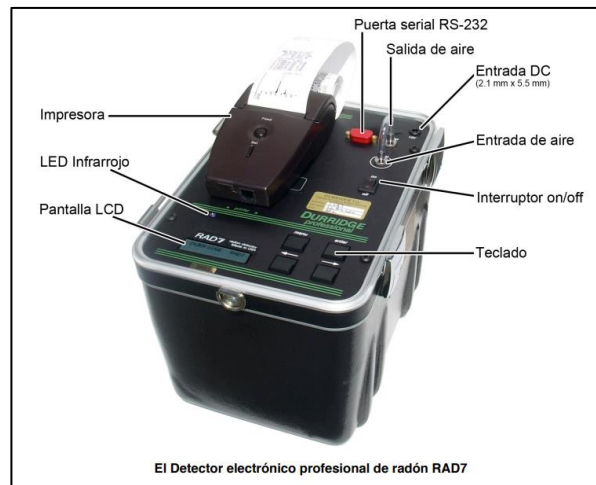


**Ilustración 10-2:** Sistema de detección de gas radón

Fuente: Berrones, Samanta & Caluña, Henry, 2023 (GIDAC)

### 2.2.16. Detector Rad 7

El detector Rad 7 (Ilustración 9-2) es un equipo portátil que mide la concentración de radón-222 y radón-230 (torón) en agua, suelo y aire. Detecta la desintegración alfa de una hoja de radón y torón sin interferencias de otras radiaciones, (DURRIDGE Company, 2014 p. 12).



**Ilustración 11-2:** Detector RAD 7

Fuente: (DURRIDGE Company, 2014)

El sistema funciona a través de un detector de estado sólido con una celda de muestra hemisférica de 0,7 L, un detector de silicio insertado en el centro de la celda de muestra y los rayos alfa estos convierten directamente en una señal eléctrica. Se aplica un alto potencial electrostático de aproximadamente 2000-250 V entre la pared interna de la celda de muestra y el detector para crear un campo eléctrico en un gran volumen de la celda de muestra. el campo eléctrico permite que las partículas alfa (de carga positiva) sean atraídas hacia la superficie activa del detector, (Tolupe, et al., 2020 p. 2).

### 2.2.17. Sonda de acero inoxidable

Es utilizada para la detección de gas en suelos irregulares, el gas es atraído hacia la punta de la sonda a una velocidad baja la cual sube por el tubo de acero hasta el detector pasando por el tubo de secado que evita el ingreso de la humedad al equipo, (DURRIDGE Company, 2014 p. 15).



**Ilustración 12-2:** Sonda de acero inoxidable

Fuente: (DURRIDGE Company, 2014)

En el manual de (DURRIDGE Company, 2014) la sonda de acero inoxidable debe contar con:

- ✓ Tubo de acero inoxidable de 91.44 cm de largo con una varilla interna
- ✓ Tope de agua con medidor al vacío y válvula de cierre de agua
- ✓ Adaptador de manguera
- ✓ Adaptador de tubo
- ✓ Punta de la sonda de 35.56 cm de largo con varilla interna
- ✓ Teflón
- ✓ Mango en T con empuñadura
- ✓ Acoplador para manguera en T
- ✓ Tubos de 32 cm de diámetro interno

#### **2.2.18. Unidad de secado**

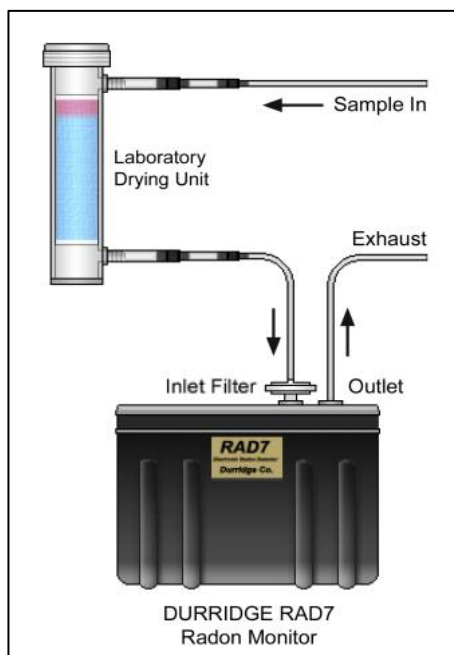
En el manual de (DURRIDGE Company, 2014 p. 10) la sonda se conecta al detector RAD 7, con la ayuda de los tubos de secado que se coloca el desecante que consta de sulfato de calcio anhidro y mineral que posee la capacidad de absorber el 14% de su peso en agua que se usa para secar el aire y gases al nivel de humedad residual más bajo como se muestra en la Ilustración 11-2.



**Ilustración 13-2:** Tubos de secado y desecador

Fuente: Berrones, Samanta & Caluña, Henry, 2023 (GIDAC)

En la Ilustración 13-2 se puede identificar como se conecta el detector RAD 7 con la unidad de secado, el desecador es de color azul y sin embargo va cambiando a un color rosado que nos indica el nivel de consumo.

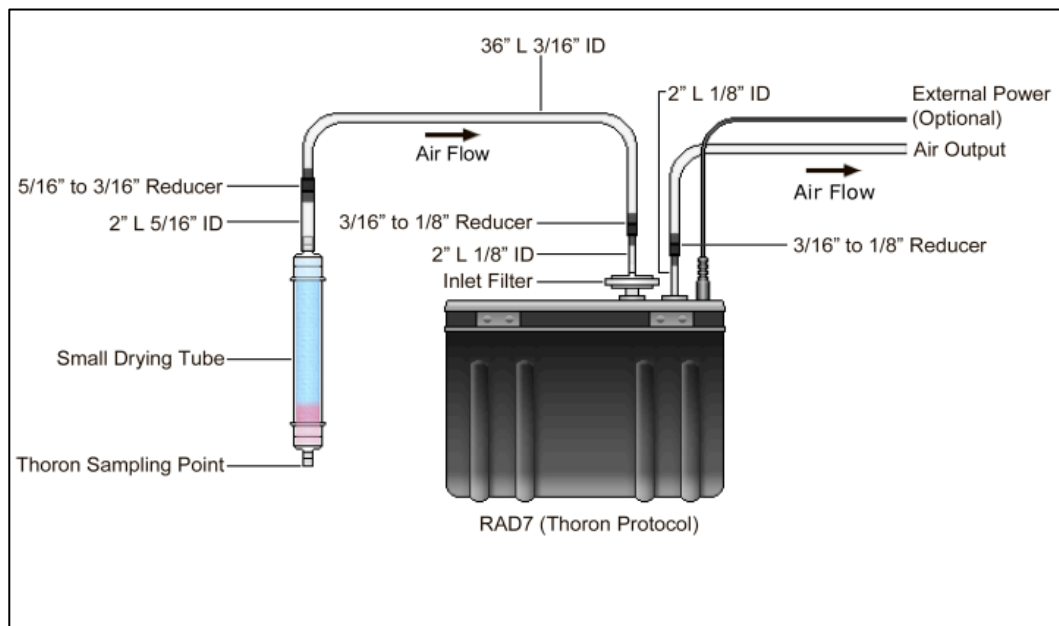


**Ilustración 14-2:** Configuración del detector

Fuente: (DURRIDGE Company, 2014)

### 2.2.19. Métodos de medición de gas radón

Para la medición del gas se puede medir de 3 métodos utilizando la sonda de acero inoxidable para la detección del gas en suelo, otro método es el de GRAB, método WEEKS y el método de THORON cambiando la configuración de RAD 7. En cualquiera de los 3 métodos el sistema se acopla, (DURRIDGE Company, 2014 p. 13).



**Ilustración 15-2:** Configuración del detector

Fuente: (DURRIDGE Company, 2014)

Como sugerencia del fabricante nos dice que el paso previo antes de conectar la sonda se debe verificar el porcentaje de humedad relativa del equipo, el valor se debe encontrarse inferior al 10%, de no encontrarse se conecta el desecador y comienza la purga, (DURRIDGE Company, 2014 p. 52).

### 2.2.20. Correlación de Pearson

Siempre que se analizan dos o más variables simultáneamente, surge la duda sobre el grado de consistencia que presentan. En tales situaciones, el interés del investigador será determinar si los valores de una característica cambian consistentemente con los de la otra o sí; por el contrario, ninguna norma los asocia. Estadísticamente, este fenómeno se cuantifica por la covarianza, (Lalinde, et al., 2018 p. 590).

La covarianza esta entre 2 variables aleatorias X, Y que se define mediante:

**Ecuación 1-2. Formula de la cuantifica a través de la covarianza**

$$1) \text{Cov}(X, Y) \equiv \sigma_{XY} = E[(X - \mu_X)(Y - \mu_Y)] \quad (2)$$

donde E es el operador de la esperanza matemática,  $\mu_X$  y  $\mu_Y$  son las medias poblaciones de X y Y, respectivamente; y las expresiones  $\text{Cov}(X, Y)$  y son equivalentes, (Lalinde, et al., 2018 p. 591). Se reemplaza Y por X en la ecuación (1) se obtiene:

**Ecuación 2-2. Formula de la cuantifica a través de la covarianza**

$$2) \text{Cov}(X, X) \equiv \sigma_{XX} = \sigma_X^2 = E[(X - \mu_X)(X - \mu_X)] = E(X - \mu_X)^2 \quad (3)$$

“De esto se deduce que la covarianza de una variable con ella misma es, simplemente, la varianza. De manera particular, la fórmula (1) se transforma en las siguientes ecuaciones dependiendo de si X e Y son continuas o discretas”; a saber:

**Ecuación 3-2. Formula de las ecuaciones dependiendo de si X y Y**

$$3) \text{Cov}(X, Y) = \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} (X - \mu_X)(Y - \mu_Y) f_{XY} dx dy \quad (4)$$

$$4) \text{Cov}(X, Y) = \sum_X \sum_Y (X - \mu_X)(Y - \mu_Y) f_{XY} \quad (5)$$

donde el término  $f_{XY}$  es la función de probabilidad conjunta. “Lo anterior es importante puesto que revela lo siguiente: si en el producto  $(X - \mu_X)(Y - \mu_Y)$  los valores de X y Y tienden a ser mayores o menores que los de las medias poblaciones, la covarianza tendrá signo positivo; por el contrario, si los valores de X tienden a ser mayores o menores que los de su media, mientras que los valores de Y varían de forma inversa, la covarianza tendrá signo negativo. A su vez, la magnitud del resultado dependerá de cuán grandes sean las diferencias en  $(X - \mu_X)(Y - \mu_Y)$ ”.

Otro aspecto por resaltar tiene que ver con las medidas de las variables. “En vista de que X y Y pueden estar expresadas en distintas unidades, el resultado de la covarianza bien podría ser no interpretable, desventaja que condujo a desarrollar el coeficiente de correlación, el cual no es más que la estandarización de este término. Defínase  $\rho_{XY}$  a como la correlación entre dos variables aleatorias X y Y”, tal que

**Ecuación 5-2. Formula de la correlación entre dos variables aleatorias X e Y**

$$5) \rho_{XY} = \frac{\text{Cov}(X, Y)}{\sqrt{\text{Var}(X)}\sqrt{\text{Var}(Y)}} = \frac{\sigma_{XY}}{\sigma_X \sigma_Y} \quad (6)$$

donde  $\sigma_X$  y  $\sigma_Y$  son las desviaciones estándares de X y Y, respectivamente. Como puede apreciarse en la ecuación (5), las unidades del numerador se cancelarán con las del denominador, lo que conduce a que  $\rho_{XY}$  sea adimensional y ofrezca ventajas importantes al momento de su

comprensión y manejo (Lalinde, et al., 2018 p. 591). Pearson presento por primera vez en 1895, en términos matemáticos como:

**Ecuación 6-2. Formula de la correlación de Pearson**

$$6) r_{XY} = \frac{\sum(x-\bar{x})(y-\bar{y})}{[\sum(x-\bar{x})^2 \sum(y-\bar{y})^2]^{1/2}} = \frac{s_{XY}}{\sqrt{s_{XX}s_{YY}}}$$

( 7)

*2.2.20.1. Propiedades del coeficiente de Pearson*

Hay muchas propiedades que podrían mencionarse sobre este coeficiente; sin embargo, y por razones prácticas, solo se tomarán en consideración las más relevantes (Lalinde, et al., 2018 p. 593).

- **Adimensionalidad**  
Nos permite representar una ventaja esencial que hace a este coeficiente una medida versátil y fácilmente interpretable
- **Rango definido entre -1 y 1**  
La demostración formal es de características intrincada y va más allá del objetivo, se puede abordar intuitivamente si es visible al R de Pearson desde una perspectiva geométrica.
- **Relación lineal**  
Este es uno de los más importantes y quizás en el que más malentendidos hay. Es importante distinguir que el coeficiente de Pearson mide la fuerza y dirección de la interacción lineal.
- **Simetría**  
Esta situación determina si las posiciones de X e Y se intercambian o no, el resultado del coeficiente será el mismo. En términos matemáticos, esto se puede expresar como igualdad, lo que a su vez implica que, al realizar un análisis de correlación, ninguna característica de interés debe considerarse como explicación de la otra.
- **Independencia con respecto al origen y a la escala**  
Una vez calculado, no cambiará incluso si se cambia la fuente de datos o la escala; es decir, el coeficiente no se ve afectado por transformaciones lineales aplicadas a las variables. En pocas palabras, sumar o restar constantes uniformemente a cada variable no cambiará el resultado, incluso si multiplicas o divides.

## **2.3. Bases conceptuales**

### **2.3.1. *Humedad relativa***

La capacidad de infiltración del agua y la permeabilidad permiten que el suelo recolecte, filtre, almacene y utilice la humedad de manera más efectiva; la humedad del suelo está determinada principalmente por su textura, profundidad, actividad biológica y contenido orgánico (Galindo, et al., 2017 p. 25).

### **2.3.2. *Presión barométrica***

La fuerza utilizada para afectar un objeto y que tiene el potencial de modificar, oprimir, constreñir o aglomerar; la fuerza que la atmósfera ejerce sobre los objetos que se encuentran en su interior se conoce como presión atmosférica (Torres, et al., 2001 p. 2).

### **2.3.3. *Radón***

Es un gas noble derivado de la secuencia radiactiva natural del uranio ( $^{238}\text{U}$ ), emite partículas alfa y tiene una vida media de 3.825 días. Este radioisótopo se encuentra en las rocas de la corteza terrestre, que incluyen trazas de uranio con concentraciones que oscilan entre 2 y 4 ppm (Cárdenas, et al., 2005 p. 104).

### **2.3.4. *Detector Rad 7***

Es un detector portátil que analiza las cantidades de radón y torón en agua, suelo y aire; se puede utilizar para evaluar la contaminación del suelo o de las aguas subterráneas, así como los sitios de entrada de intrusión de vapor y los surtidores; la herramienta es fácil de usar, tiene configuraciones preprogramadas para trabajos típicos y tiene una bomba de aire incorporada, baterías recargables y una impresora inalámbrica (Geotech Environmental Equipment, 2019 p. 1).

### **2.3.5. *Correlación de Pearson***

Está simbolizado por la letra  $r$  y ofrece una medida numérica de la correlación entre dos variables cuantitativas. También se conoce como coeficiente de correlación producto-momento. Mide el tipo y grado de un vínculo entre dos variables cuantitativas, lo que permite describirlo (Fiallos, 2021 p. 5).



## **2.4. Base legal**

### **2.4.1. Constitución de la República del Ecuador**

La Constitución del Ecuador reconoce el derecho de su pueblo a vivir en un ambiente ecológicamente sano y equilibrado. También reconoce el derecho a acceder a la información pública y participar en los asuntos públicos, agregando que toda decisión o mandato del Estado que pueda afectar el medio ambiente debe ser consultado a la opinión de la comunidad. La Constitución también reconoce explícitamente el derecho de acceso a la justicia y protege efectivamente al poder judicial en materia ambiental, (Asamblea Nacional del Ecuador , 2008, pp. 121 - 122).

*Art. 403.- “El Estado no se comprometerá en convenios o acuerdos de cooperación que incluyan cláusulas que menoscaben la conservación y el manejo sustentable de la biodiversidad, la salud humana y los derechos colectivos y de la naturaleza”.*

*Art. 408.- “Son de propiedad inalienable, imprescriptible e inembargable del Estado los recursos naturales no renovables y, en general, los productos del subsuelo, yacimientos minerales y de hidrocarburos, substancias cuya naturaleza sea distinta de la del suelo, incluso los que se encuentren en las áreas cubiertas por las aguas del mar territorial y las zonas marítimas; así como la biodiversidad y su patrimonio genético y el espectro radioeléctrico. Estos bienes sólo podrán ser explotados en estricto cumplimiento de los principios ambientales establecidos en la Constitución. “El Estado participará en los beneficios del aprovechamiento de estos recursos, en un monto que no será inferior a los de la empresa que los explota. ”¿Tiene el Estado ... - UASB” “El Estado garantizará que los mecanismos de producción, consumo y uso de los recursos naturales y la energía preserven y recuperen los ciclos naturales y permitan condiciones de vida con dignidad”*

### **2.4.2. Código orgánico del ambiente**

*Art. 4.- “Criterios ambientales territoriales. – “Para la planificación del desarrollo y el ordenamiento territorial, todos los niveles de gobierno deberán tomar en cuenta los siguientes criterios ambientales generales”:*

- a) “Considerar al ambiente y sus dinámicas como elementos estratégicos y de soporte para el bienestar humano y el desarrollo de la sociedad”.*
- b) “Considerar la función ambiental y social de la propiedad”.*

*c) Armonizar la conservación, protección y restauración del patrimonio natural con su uso y aprovechamiento sostenible, (COA, 2019, p. 2) .*

**Art. 25.-** *“Programas de capacitación. - La Autoridad Ambiental Nacional identificará y gestionará los mecanismos técnicos y financieros para desarrollar programas de capacitación para la gestión ambiental en los ámbitos definidos en este Reglamento y en la Estrategia Nacional de Educación Ambiental; cuya planificación e implementación se realizará sobre la base de diagnósticos, situaciones, indicadores y resultados de impacto”, (COA, 2019, p. 8) .*

#### **2.4.3. Ministerial 097-A: NORMA DE CALIDAD AMBIENTAL DEL RECURSO SUELO Y CRITERIOS DE REMEDIACION PARA SUELOS CONTAMINADOS**

*“Su objetivo principal es preservar la salud de las personas y velar por la calidad ambiental del recurso suelo a fin de salvaguardar las funciones naturales en los ecosistemas, frente a actividades antrópicas con potencial para modificar su calidad, resultantes de los diversos usos del recurso”, (REFORMA TEXTO UNIFICADO LEGISLACION SECUNDARIA, 2015 pág. 18).*

*“La norma se aplica es el siguiente uso de Desechos especiales son:*

*a) Aquellos desechos que, sin ser peligrosos, por su naturaleza, pueden impactar el entorno ambiental o la salud, debido al volumen de generación y/o difícil degradación y para los cuales se debe implementar un sistema de recuperación, reusó y/o reciclaje con el fin de reducir la cantidad de desechos generados, evitar su inadecuado manejo y disposición, así como la sobresaturación de los rellenos sanitarios municipales;*

*b)” Aquellos cuyo contenido de sustancias que tenga características corrosivas, reactivas, tóxicas, inflamables, biológico-infecciosas y/o radioactivas, no superen los límites de concentración establecidos en la normativa ambiental que se expida para el efecto y para los cuales es necesario un manejo ambiental adecuado y mantener un control y monitoreo periódico”.*

*c) Aquellos que se encuentran determinados en el listado nacional de desechos especiales”*

## CAPÍTULO III

### 3. MARCO METODOLÓGICO

#### 3.1. Diseño de investigación

El presente proyecto de investigación de campo, de tipo no experimental debido a que no se manipulo la concentración del gas radón ( $Rn^{222}$ ) y las variables meteorológicas, contemplando un enfoque cuantitativo en el sentido de que se utilizan herramientas estadísticas para entender los resultados obtenidos.

#### 3.2. Nivel de investigación

Nuestra investigación es de nivel exploratorio debido a la información insuficiente de nuestro país, sobre la presencia de la concentración de gas radón ( $Rn^{222}$ ) en suelos.

#### 3.3. Diseño de investigación

##### 3.3.1. *“Según la manipulación o no de la variable independiente (no experimental, casi experimental, experimental)”*

La presente investigación es de tipo no experimental debido a que nosotros no tenemos intervención directa con la concentración del gas radón ( $Rn^{222}$ ) y las variables meteorológicas es decir no alteramos el objeto de investigación, observando así nuestra variable independiente tal y como se da en su contexto natural.

##### 3.3.2. *“Según las intervenciones en el trabajo de campo (transversal, longitudinal)”*

La investigación en cuanto al trabajo de campo es de tipo transversal debido a que los monitoreos realizados en cada punto de muestreo se realizaron una sola vez, en el periodo mayo-diciembre de 2022.

### **3.4. Tipo de estudio**

El tipo de investigación es cuantitativo, debido a que recolectamos datos y realizamos su debida interpretación de resultados con la ayuda de herramientas estadísticas, ayudándonos así a determinar las respectivas concentraciones de gas radón.

### **3.5. Población y Planificación, selección y cálculo del tamaño de la muestra.**

#### ***3.5.1. Extensión del área de estudio***

La presente investigación se desarrolló en los suelos de las comunidades de Rumipamba, con un total de 5105 habitantes entre mujeres, hombres y niños, en la parroquia Juan de Velasco – Pangor, del cantón Colta, de la provincia del Chimborazo.

#### ***3.5.2. Planificación del periodo experimental***

El presente proyecto de investigación inicio su fase de muestreo en el mes de mayo del 2022 y culmino en el mes de diciembre del 2022, con una duración de 7 meses.

#### ***3.5.3. Selección de la muestra***

Para la selección de la muestra se consideró 5 transectos distribuidos a lo largo de la comunidad Rumipamba a una distancia de 500 metros mediante Google Eart.

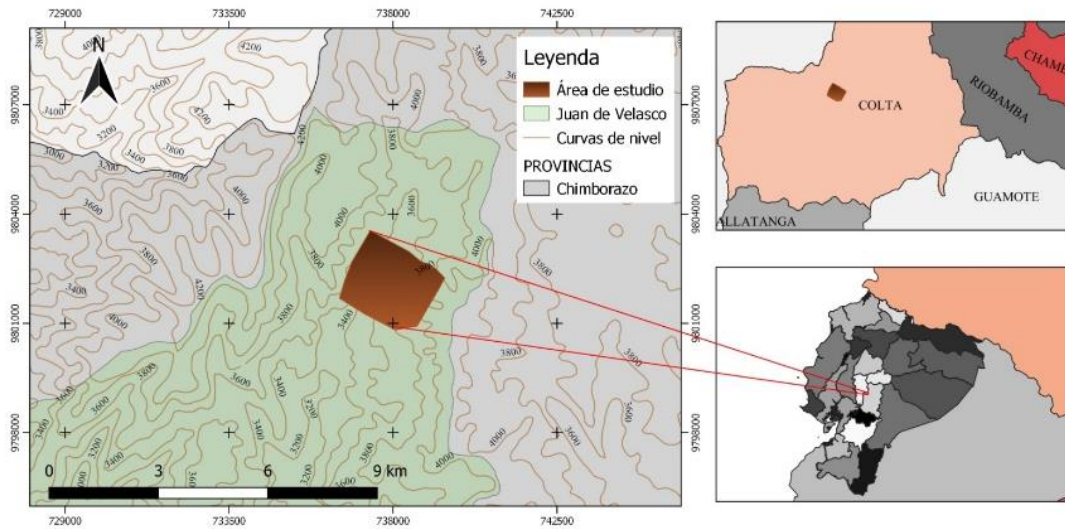
#### ***3.5.4. Tamaño de la muestra***

El tamaño de la muestra para el transecto 1 se consideró 6 puntos de muestreo; transecto 2, 6 puntos; transecto 3, 4 puntos; transecto 4, 6 puntos y en el transecto 5, 5 puntos. A una distancia de 500 metros cuadrados para cubrir el área de estudio que alberga 5km<sup>2</sup>.

### **3.6. Métodos, técnicas e instrumentos de investigación**

#### ***3.6.1. Lugar de desarrollo de la investigación***

El presente trabajo de investigación se desarrolló en el valle del río Pangor, en las comunidades de Rumipamba, Tepeyac Juan Diego, Tepeyac Alto, Tepeyac Gatazo, Tepeyac Bajo. Previamente los puntos de muestreo se georreferenciaron con el software Google Earth.

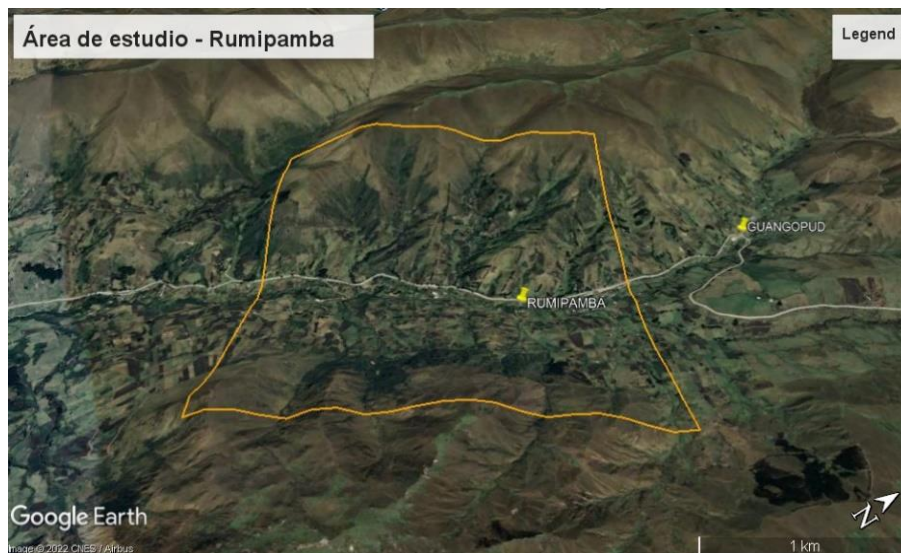


**Ilustración 16-3:** Área de estudio

Realizado por: Berrones, Samanta & Caluña, Henry, 2023 (GIDAC)

### 3.6.2. Lugar de recolección de muestras de suelo y medición de gas radón

Las muestras fueron obtenidas en los suelos de los páramos de la parroquia Juan de Velasco en los valles del río Pangor, las cuales fueron llevadas al laboratorio de Investigación y Desarrollo Ambiental del GIDAC, en la facultad de Ciencias de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo en una funda ziploc debidamente etiquetada para luego proceder con sus respectivos análisis.



**Ilustración 17-3:** Lugar de recolección de muestras

Realizado por: Berrones, Samanta & Caluña, Henry, 2023 (GIDAC)

### 3.6.3. Medición de la concentración del gas radón en suelo

#### *Fase de campo*

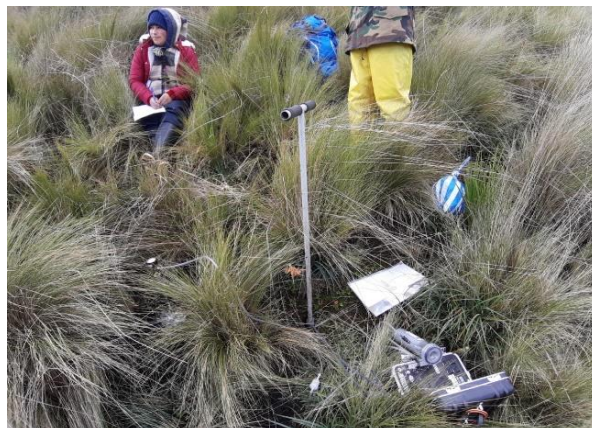
Para la medición de la concentración del gas radón ( $Rn^{222}$ ) se utilizó el detector Rad 7, el procedimiento consta de los siguientes pasos:



**Ilustración 18-3:** Equipo Rad 7

Realizado por: Berrones, Samanta & Caluña, Henry, 2023 (GIDAC)

- Se verificó el porcentaje de humedad del detector Rad 7, que debe ser inferior al 10%, según la sugerencia del fabricante.
- Se purgó del dispositivo durante 10 a 20 minutos utilizando una unidad de secado conectada al detector RAD 7.



**Ilustración 19-3:** Purga del equipo

Realizado por: Berrones, Samanta & Caluña, Henry, 2023 (GIDAC)

- Se realizó una perforación de 1 m de profundidad donde se introdujo la sonda de acero inoxidable.
- Se selló el agujero correctamente para que el suelo se encuentre compacto y cubierto con una capa de yeso para evitar que se escape el gas.
- La sonda de acero inoxidable fue conectada al detector y unidad de secado del RAD 7, se configuró con el protocolo WEEKS (Menú → Setup → Protocol → Weeks → Enter) como se puede observar en la Ilustración 20-3.



**Ilustración 20-3:** Medición del gas

Realizado por: Berrones, Samanta & Caluña, Henry, 2023 (GIDAC)

- Para comenzar la medición se presionó (Menú → Test → Start) y se esperó las dos horas correspondientes.
- El valor es almacenado en la memoria interna y descargado a una PC usando el Software Capture.

#### **3.6.4. Metodología de muestreo de suelo para análisis fisicoquímico.**

##### **Materiales utilizados para realizar la perforación**

- |                   |        |
|-------------------|--------|
| • Hoyadora        | • Yeso |
| • Barreno         | • Agua |
| • Guantes         |        |
| • Funda de basura |        |
| • Funda ziploc    |        |
| • Cinta           |        |

El procedimiento para medir los parámetros fisicoquímicos (pH, conductividad, materia orgánica, textura), se comenzó con una limpieza del área para evitar la contaminación de la muestra representativa, (*Ilustración 21-3*) y consta de los siguientes pasos:



**Ilustración 21-3:** Limpieza de la zona para la recolección de la muestra

Realizado por: Berrones, Samanta & Caluña, Henry, 2023 (GIDAC)

- Primeramente, se retiró la cobertura vegetal del suelo que puedan interferir en la recolección de las muestras.



**Ilustración 22-3:** Perforación del suelo

Realizado por: Berrones, Samanta & Caluña, Henry, 2023 (GIDAC)



- Se realizó un hueco de 1 metro de profundidad para la toma de muestra.
- Se tomó 1 kg de suelo y se colocó en la funda ziploc previamente rotulada con el código, lugar y número de muestra.
- Se eliminó el exceso de aire de la funda para evitar interferencias al momento de realizar los análisis respectivos.



**Ilustración 23-3:** Perforación del suelo

Realizado por: Berrones, Samanta & Caluña, Henry, 2023 (GIDAC)

*a. Fase de laboratorio*

*pH*

Para la determinación del pH en las muestras de suelo se usó un pH metro, cómo se observa en la *Ilustración 24-3*, siguiendo la siguiente metodología:

- Se pesó 20 gr de suelo.
- A los 20 gr de suelo se le añadió 80 ml de agua destilada y se homogenizó con una varilla durante 5 minutos.
- La solución se dejó reposar un tiempo de 5 minutos y se introdujo el electro para conocer el pH.



**Ilustración 24-3: pH metro**

Realizado por: Berrones, Samanta & Caluña, Henry, 2023 (GIDAC)

### *Conductividad*

La conductividad eléctrica de las muestras de suelo se midió de la solución previamente preparada (solución de pH), sin embargo, se esperó un tiempo de 24 horas para hacer la medición de la conductividad como indica la guía de laboratorio.



**Ilustración 25-3: Conductímetro**

Realizado por: Berrones, Samanta & Caluña, Henry, 2023 (GIDAC)

### *Materia Orgánica*

Para la determinación de materia orgánica en los suelos se siguió la metodología detallada a continuación:



**Ilustración 27-3:** Mufla

Realizado por: Berrones, Samanta & Caluña, Henry, 2023 (GIDAC)

- Las muestras de suelo fueron esparcidas sobre hojas de periódico durante 5 a 7 días para eliminar la humedad a temperatura ambiente.
- Se eliminó la humedad de los crisoles en la mufla a 800°C por 2 horas.
- Se sacó los crisoles de la mufla y se los colocó en el decantador para que la temperatura de estos descienda.
- Se pesó los crisoles en la balanza analítica previamente calibrada, se rotuló y se anotó el peso para su posterior uso.

Para la eliminación de la humedad en las muestras de suelo se realizó la siguiente metodología:



**Ilustración 28-3:** Peso de la muestra

Realizado por: Berrones, Samanta & Caluña, Henry, 2023 (GIDAC)

- Se eliminaron las impurezas del suelo mediante un tamizador de 180  $\mu\text{m}$ .
- En cada crisol pesado, se agregó 5 gr de suelo tamizado y se anotó el peso nuevamente.
- Se agregaron los crisoles al desecador para evitar que absorban humedad del ambiente.
- Los crisoles con las muestras se colocaron en la estufa a 105°C por 24 horas.
- Tras haber transcurrido las 24 horas, los crisoles fueron retirados con ayuda de pinzas y colocados en el desecador por unos minutos.
- Se procedió a pesar y a anotar los valores para los posteriores cálculos.

Calcinación de la muestra de suelo



**Ilustración 29-3:** Muestras de suelo en la mufla

Realizado por: Berrones, Samanta & Caluña, Henry, 2023 (GIDAC)

- Los crisoles con la muestra se colocaron en una mufla preprogramada a 360°C por 2 horas.
- Pasadas las 2 horas, las muestras fueron colocadas en el desecador
- Se peso y se registró los valores para los posteriores cálculos.

### Cálculo

**Ecuación 10-3. Fórmula para el cálculo del porcentaje de materia orgánica.**

$$\% MO = \frac{(\text{Peso en seco} - \text{Peso de calcinación})}{\text{Peso en seco}} \times 100$$

- **MO:** Materia orgánica
- **Peso en seco (g):** el peso del suelo seco descontando el crisol tarado
- **Peos de la calcinación (g):** el peso del suelo calcinado luego de haber sido secado, descontando el peso del crisol tarado

### *Estructura del suelo*

Para la determinación de la estructura al momento de tomar la muestra del cilindro se puede observar en el interior cómo se encuentra la estructura del suelo si es granular, prismática, masiva, grano fino, bloquiforme, laminar y así detallar para su posterior reporte

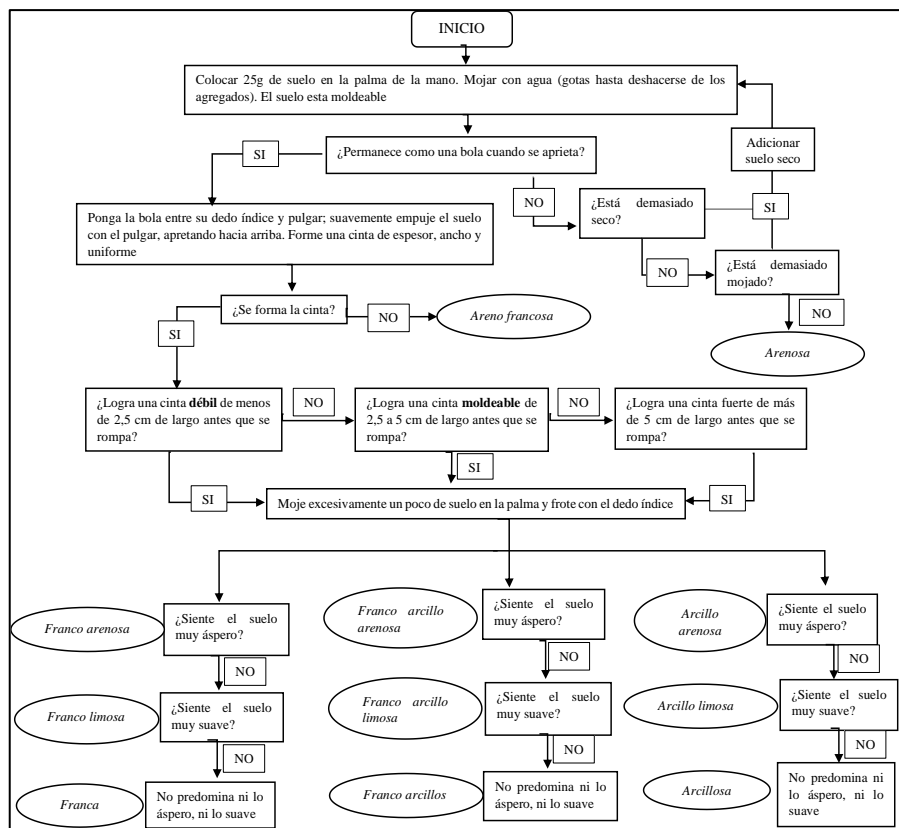


**Ilustración 30-3:** Determinación de la estructura

Realizado por: Berrones, Samanta & Caluña, Henry, 2023 (GIDAC)

*Textura del suelo*

Para la determinación de la textura del suelo se siguió los pasos de la siguiente gráfica:



**Ilustración 31-3:** Determinación de la textura

Fuente: (Mery, 1980)



**Ilustración 32-3:** Determinación de la textura

Realizado por: Berrones, Samanta & Caluña, Henry, 2023 (GIDAC)

### **3.6.5. Metodología para recolección de muestras de suelo para densidad aparente y humedad.**

Para obtener los valores estadísticos de la densidad aparente y humedad se debe seguir la siguiente metodología:



**Ilustración 33-3:** Perforación del suelo a 1 m de profundidad

Realizado por: Berrones, Samanta & Caluña, Henry, 2023 (GIDAC)

- Se perfora el suelo para la obtención de las muestras, con la ayuda de una hoyadora se procede a realizar una perforación de 1 m de profundidad como se muestra en (Ilustración 32-3).
- Se introdujo un cilindro de metal en el fondo del agujero y una vez que se verificó que se encuentre completamente lleno, se lo extrajo hacia la superficie, donde se procedió a limpiar el exceso de muestra para que quede al ras del cilindro, finalmente la muestra fue embalada con la ayuda de papel film, para así evitar la pérdida de humedad, la muestra debe ser correctamente etiquetada (*Lugar-Número de la muestra*) para posterior llevarla al laboratorio a realizar sus respectivos análisis.

*b. Análisis de la muestra en el laboratorio*

*Densidad Aparente*



**Ilustración 34-3: Cilindros**

Realizado por: Berrones, Samanta & Caluña, Henry, 2023 (GIDAC)

- Se procedió a medir el peso de la muestra en una balanza analítica, estas muestras se colocaron en una canasta de aluminio a 105°C en la estufa durante 24 horas.
- Se calculó el volumen del cilindro introducido en el campo mediante la fórmula:

**Ecuación 7--3. Fórmula del cálculo del volumen del cilindro.**

Ecuación

$$v = \pi * r^2 * h \quad (8)$$

- Para obtener estos datos de altura y radio del cilindro se utiliza el calibre o pie de rey que nos permite medir con una precisión de  $\frac{1}{50}$  mm.



- La masa es el peso de la muestra colocado en una canasta de aluminio utilizada en el paso anterior y su posterior pesaje en la balanza analítica.

Posterior se reemplaza los datos en la fórmula:

**Ecuación 8--3. Fórmula para el cálculo de la densidad.**

$$\rho = \frac{m}{v}$$

(9)

*Humedad de la muestra*



**Ilustración 35-3: Estufa**

Realizado por: Berrones, Samanta & Caluña, Henry, 2023 (GIDAC)

- Al igual que el proceso anterior la muestra debe ser colocada en una canasta de aluminio para posteriormente pesarla en una balanza analítica.
- Luego se procedió a pasarle a la estufa donde deberá reposar por 24 horas a una temperatura de 105°C.
- Finalmente se procedió a pesar la muestra para obtener un resultado final.

Con los datos obtenidos colocamos en la fórmula:

### **Ecuación 9--3. Fórmula para el cálculo de porcentaje de la humedad.**

$$\%H = \frac{\text{peso humedo}}{\text{peso despues de las 24 horas en la estufa}} \times 100$$

( 10)

#### **3.6.6. Determinación de las variables meteorológicas**

Para la medición de las variables meteorológicas se utilizó el medidor meteorológico Kestrel 3500 Pocket Weather Meter, que mide las variables ambientales como velocidad media y máxima del viento, humedad relativa, temperatura, presión barométrica y altitud, cabe recalcar que este dispositivo debe estar ubicado en función de la dirección del viento y se debe esperar hasta que los valores se establezcan para ser registrados. Además, se tomaron las coordenadas UTM con ayuda de un GPS.



**Ilustración 36-3:** Multiparámetro Ambiental portátil

Realizado por: Berrones, Samanta & Caluña, Henry, 2023 (GIDAC)

#### **3.6.7. Análisis Estadístico Inferencial**

Para el análisis inferencial se utilizó el coeficiente de Pearson que permite obtener correlaciones, debido a que es una covarianza estandarizada, por la desviación estándar para obtener una correlación entre las 2 variables como son la concentración de gas radón, variables geológicas y parámetros fisicoquímicos.

Con la ayuda del programa SPSS que es un software estadístico utilizado para el análisis de datos. Es muy popular en el campo de la investigación social debido a su facilidad de uso y su capacidad para manejar grandes conjuntos de datos.

Correlación:

- Concentración de gas radón – humedad relativa del suelo
- Concentración de gas radón – presión barométrica
- Concentración de gas radón – pH del suelo
- Concentración de gas radón – conductividad del suelo
- Concentración de gas radón – altitud en relación con el nivel del mar
- Concentración de gas radón – materia orgánica del suelo

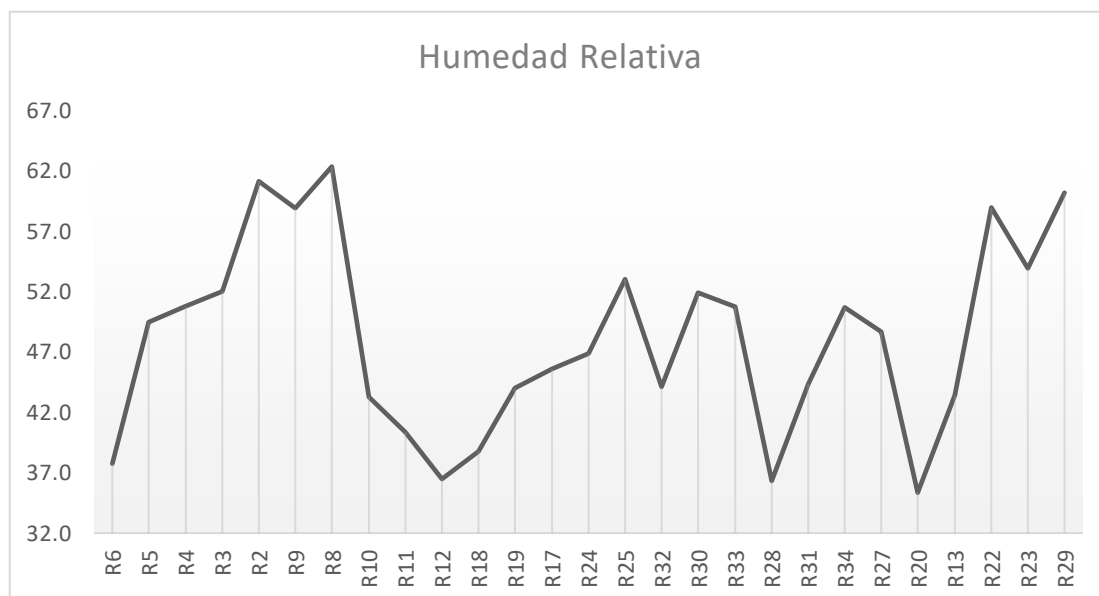
## CAPÍTULO IV

### 4. MARCO DE ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

#### 4.1. Cuantificación de los parámetros fisicoquímicos

##### 4.1.1. Cuantificación de la humedad relativa

En la ilustración 36-4 se puede observar que la humedad relativa en los 27 puntos se encuentra en los rangos de 35 a 62% en el suelo, el punto R8 tiene la humedad más alta contrario al punto R20 y R28 que tienen una humedad menor con respecto a los demás, estas alteraciones se pueden presentar por diferentes factores que afecten en el resultado del cálculo y se ve reflejado en la gráfica.

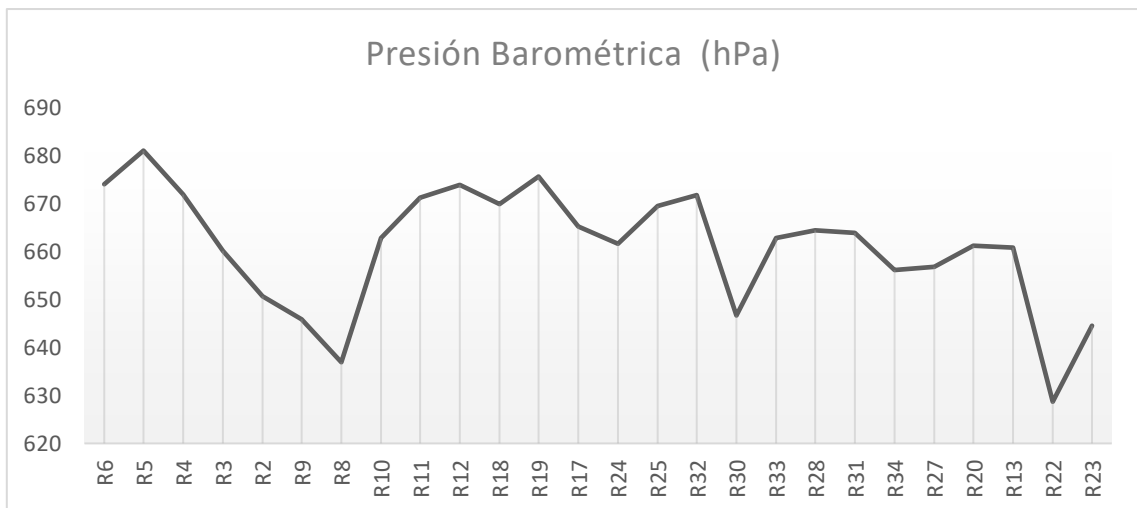


**Ilustración 37-4:** Humedad relativa del área de estudio

Realizado por: Berrones, Samanta & Caluña, Henry, 2023 (GIDAC).

##### 4.1.2. Cuantificación de la presión barométrica

En la ilustración 37-4 se puede observar que la presión barométrica de los 27 puntos se encuentra en el rango de 630 a 680 hPa, donde el punto R5 tiene la presión barométrica mayor contrario al punto R22 con una presión menor con respecto a los demás puntos.



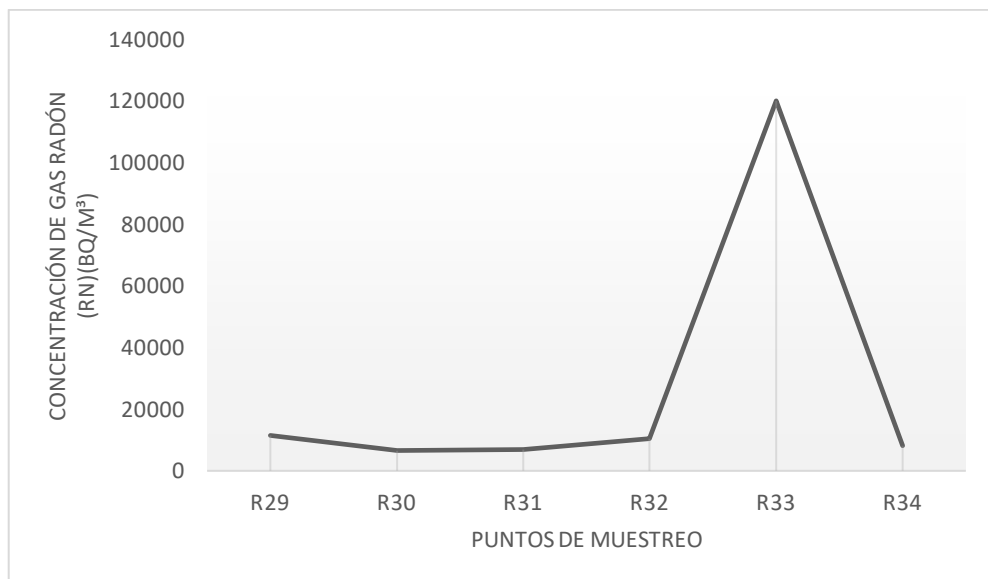
**Ilustración 38-4:** Presión Barométrica del área de estudio

Realizado por: Berrones, Samanta & Caluña, Henry, 2023 (GIDAC).

## 4.2. Concentraciones de gas radón en los transectos

### 4.2.1. Concentración de gas radón en el transecto 1

En la ilustración 38-4 se puede observar que la concentración de gas radón del transecto 1 que está conformado por los puntos (R29, R30, R31, R32, R33, R34) la mayor concentración de radón está en el punto R33 con un valor de 120000 Bq/m<sup>3</sup>. A diferencia de los demás puntos estudiados en el transecto ya que están por debajo de 20000 Bq/m<sup>3</sup>.

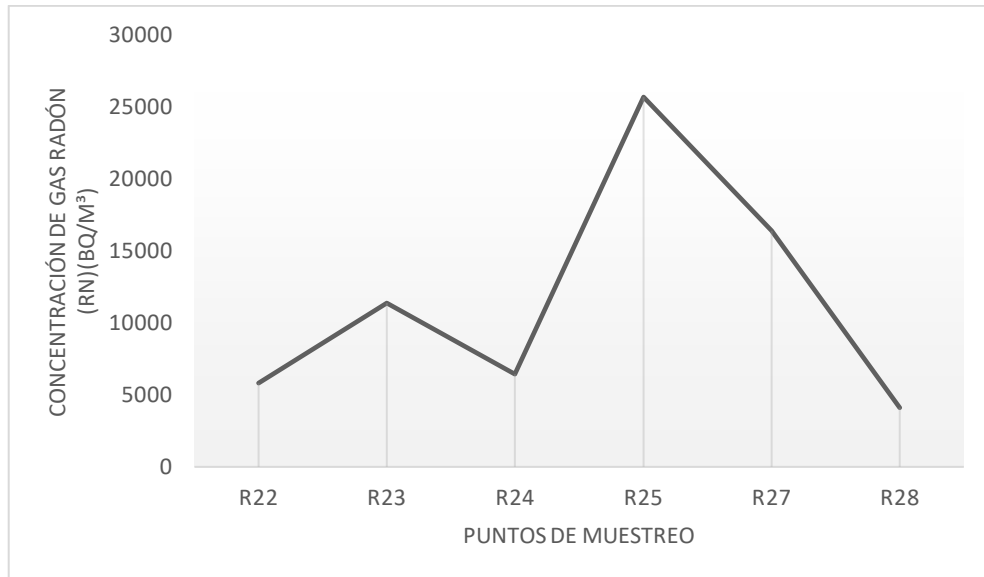


**Ilustración 39-4:** Concentración de gas Radón (Bq/ m³) en el transecto 1

Realizado por: Berrones, Samanta & Caluña, Henry, 2023 (GIDAC)

#### 4.2.2. Concentración de gas radón en el transecto 2

En la ilustración 39-4 se puede observar que la concentración de gas radón en el transecto 2 conformado de los puntos (R22, R23, R24, R25, R27, R28), la mayor concentración de 25000 Bq/m<sup>3</sup> con respecto a los demás puntos del transecto que están por debajo de los 10000 Bq/m<sup>3</sup>.

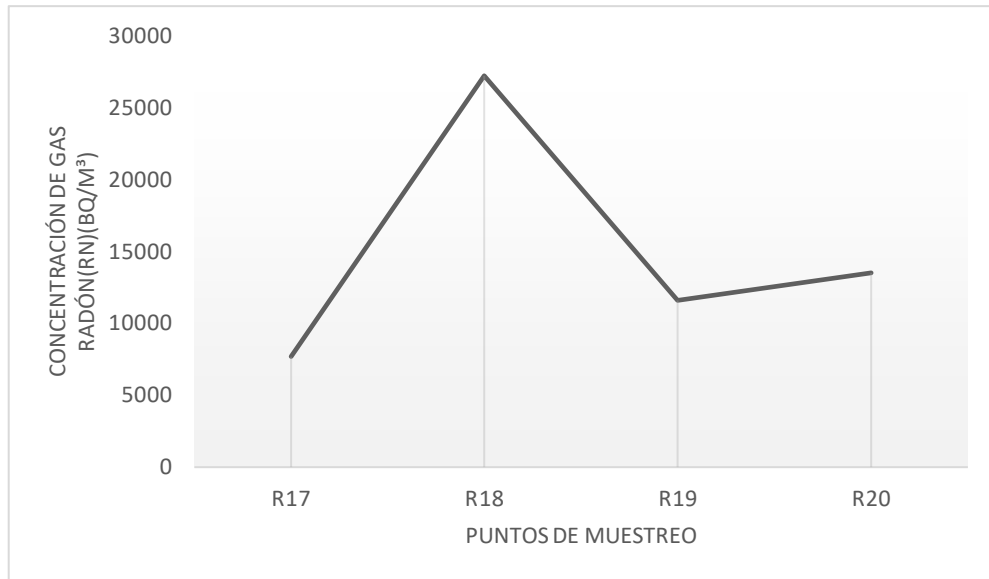


**Ilustración 40-4:** Concentración de gas Radón (Bq/ m<sup>3</sup>) en el transecto 2

Realizado por: Berrones, Samanta & Caluña, Henry, 2023 (GIDAC)

#### 4.2.3. Concentración de gas radón en el transecto 3

En la presente ilustración se puede observar la concentración de gas radón en el transecto 3 conformado por los puntos (R17, R18, R19, R20), el punto R18 presenta una mayor concentración 28000 Bq/m<sup>3</sup> respecto a los puntos R17, R19 y R20 con concentraciones inferiores a 15000 Bq/m<sup>3</sup>.

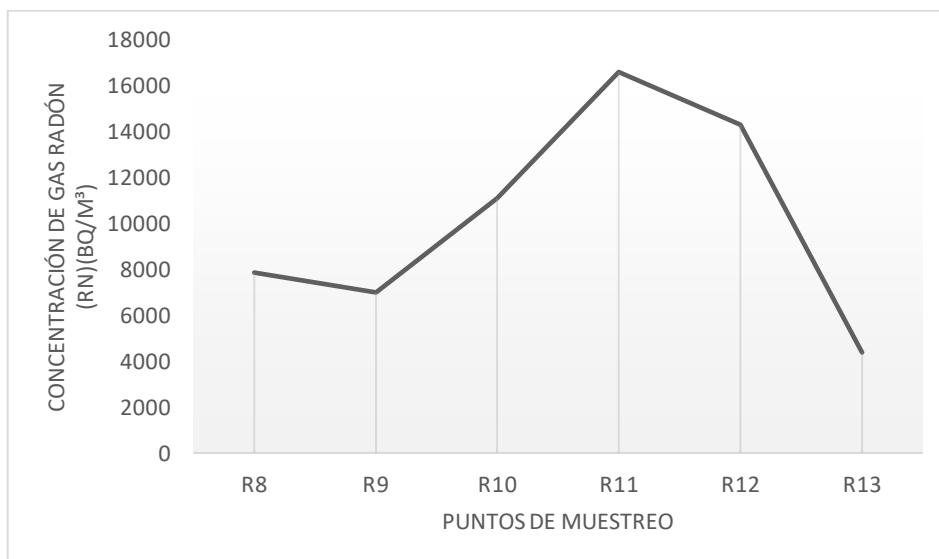


**Ilustración 41-4:** Concentración de gas Radón (Bq/ m<sup>3</sup>) en el transecto 3

Realizado por: Berrones, Samanta & Caluña, Henry, 2023 (GIDAC).

#### 4.2.4. Concentración de gas radón en el transecto 4

En la ilustración 42-4 se puede observar que la concentración de gas radón en el transecto 4 conformado por los puntos (R8, R9, R10, R11, R12, R13) en el punto R11 tiene una concentración mayor de 16600 Bq/m<sup>3</sup> con respecto a los demás puntos con concentraciones inferiores a 12000 Bq/m<sup>3</sup>.

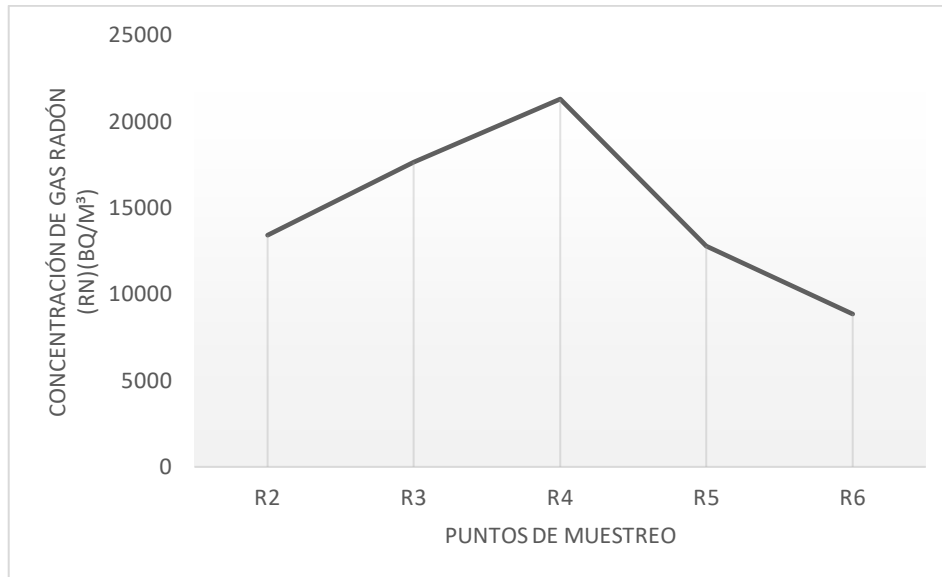


**Ilustración 42-4:** Concentración de gas Radón (Bq/ m<sup>3</sup>) en el transecto 4

Realizado por: Berrones, Samanta & Caluña, Henry, 2023 (GIDAC)

#### 4.2.5. Concentración de gas radón en el transecto 5

En la ilustración 43-4 se puede observar que la concentración de gas radón en el transecto 5 conformado por los puntos (R2, R3, R4, R5, R6), en el punto R4 tiene una concentración mayor de 20000 Bq/m<sup>3</sup> con respecto a los demás puntos con concentraciones inferiores a 15000 Bq/m<sup>3</sup>.



**Ilustración 43-4:** Concentración de gas Radón (Bq/ m<sup>3</sup>) en el transecto 5

Realizado por: Berrones, Samanta & Caluña, Henry, 2023 (GIDAC).

### 4.3. Correlaciones de Pearson

La correlación de Pearson se realizó para conocer el tipo de relación que existe entre la concentración del gas radón y las variables (humedad relativa del suelo, presión barométrica, pH del suelo, conductividad del suelo, altitud en relación con el nivel del mar, materia orgánica del suelo)

#### 4.3.1. Transecto 1

##### 4.3.1.1. Correlación de Pearson entre la concentración de gas radón y la humedad del suelo

**Tabla 1-4:** Correlación entre la concentración de gas radón y la humedad del suelo.

		Humedad Relativa
Concentración de gas radón	Correlación de Pearson	0.054
	Sig. (bilateral)	0.918

Realizado por: Berrones, Samanta & Caluña, Henry, 2023 (GIDAC)



En la tabla 1-4 se muestra que existe una correlación débil con un valor de 0.054 entre la concentración de gas radón y la humedad, es decir, que a menor humedad mayor va a ser la concentración de gas. Sin embargo, el nivel de significancia es de 0.918, que es superior al 0,05 requerido para validar la correlación entre ambas variables de analizadas

#### 4.3.1.2. Correlación de Pearson entre la concentración de gas radón y la presión barométrica

**Tabla 2-4:** Correlación entre la concentración de gas radón y la presión barométrica

<b>Concentración de gas radón</b>	<b>Presión barométrica</b>	
	Correlación de Pearson	0.240
Sig. (bilateral)	0.647	

**Realizado por:** Berrones, Samanta & Caluña, Henry, 2023 (GIDAC)

En este caso se observa que el coeficiente de correlación r de Pearson es de 0.240, es decir existe una correlación positiva débil. Sin embargo, el valor de la significancia bilateral de 0.647, que es superior al 0,05 requerido para validar la correlación entre ambas variables de analizadas.

#### 4.3.1.3. Correlación de Pearson entre la concentración de gas radón y el pH del suelo

**Tabla 3-4:** Correlación entre la concentración de gas radón y el pH del suelo.

<b>Concentración de gas radón</b>	<b>pH</b>	
	Correlación de Pearson	0.215
Sig. (bilateral)	0.683	

**Realizado por:** Berrones, Samanta & Caluña, Henry, 2023 (GIDAC)

En este caso se observa que el coeficiente de correlación r de Pearson es de 0.215, es decir existe una correlación positiva baja. Sin embargo, el valor de la significancia bilateral de 0.683, que es superior al 0,05 requerido para validar la correlación entre ambas variables de análisis.

#### 4.3.1.4. Correlación de Pearson entre la concentración de gas radón y la conductividad del suelo

**Tabla 4-4:** Correlación entre la concentración de gas radón y la conductividad.

<b>Concentración de gas radón</b>	<b>Conductividad</b>	
	Correlación de Pearson	-0.282
Sig. (bilateral)	0.589	

**Realizado por:** Berrones, Samanta & Caluña, Henry, 2023 (GIDAC)

En este caso se observa que el coeficiente de correlación  $r$  de Pearson es de - 0.282, es decir existe una correlación negativa muy débil. Sin embargo, el valor de la significancia bilateral de 0.589, que es superior al 0,05 requerido para validar la correlación entre ambas variables de análisis.

4.3.1.5. *Correlación de Pearson entre la concentración de gas radón y la altitud en relación con el nivel del mar.*

**Tabla 5-4:** Correlación entre la concentración de gas radón y la altitud.

<b>Concentración de gas radón</b>	<b>Altitud</b>	
	Correlación de Pearson	-0.284
	Sig. (bilateral)	0.585

**Realizado por:** Realizado por: Berrones, Samanta & Caluña, Henry, 2023 (GIDAC)

En este caso se observa que el coeficiente de correlación  $r$  de Pearson es de - 0.284, es decir existe una correlación negativa débil. Sin embargo, el valor de la significancia bilateral de 0.585, que es superior al 0,05 requerido para validar la correlación entre ambas variables de análisis.

4.3.1.6. *Correlación de Pearson entre la concentración de gas radón y la materia orgánica del suelo*

**Tabla 6-4:** Correlación entre la concentración de gas radón y la materia orgánica.

<b>Concentración de gas radón</b>	<b>Materia Orgánica</b>	
	Correlación de Pearson	-0.289
	Sig. (bilateral)	0.578

**Realizado por:** Berrones, Samanta & Caluña, Henry, 2023 (GIDAC)

En este caso se observa que el coeficiente de correlación  $r$  de Pearson es de - 0.289, es decir existe una correlación negativa débil. Sin embargo, el valor de la significancia bilateral de 0.578, que es superior al 0,05 requerido para validar la correlación entre ambas variables de análisis.

4.3.2. **Transecto 2**

4.3.2.1. *Correlación de Pearson entre la concentración de gas radón y la humedad del suelo*

**Tabla 7-4:** Correlación entre la concentración de gas radón y la humedad del suelo.

<b>Concentración de gas radón</b>	<b>Humedad Relativa</b>	
	Correlación de Pearson	0.320
	Sig. (bilateral)	0.537

**Realizado por:** Berrones, Samanta & Caluña, Henry, 2023 (GIDAC)

En este caso se observa que el coeficiente de correlación  $r$  de Pearson es de 0.320, es decir existe una correlación negativa débil. Sin embargo, el valor de la significancia bilateral de 0.537, que es superior al 0,05 requerido para validar la correlación entre ambas variables de análisis.

#### 4.3.2.2. *Correlación de Pearson entre la concentración de gas radón y la presión barométrica*

**Tabla 8-4:** Correlación entre la concentración de gas radón y la presión barométrica.

<b>Concentración de gas radón</b>	<b>Presión Barométrica</b>	
	Correlación de Pearson	0.022
	Sig. (bilateral)	0.972

**Realizado por:** Berrones, Samanta & Caluña, Henry, 2023 (GIDAC)

En este caso se observa que el coeficiente de correlación  $r$  de Pearson es de 0.022, es decir existe una correlación positiva débil. Sin embargo, el valor de la significancia bilateral de 0.972, que es superior al 0,05 requerido para validar la correlación entre ambas variables de análisis.

#### 4.3.2.3. *Correlación de Pearson entre la concentración de gas radón y el pH del suelo*

**Tabla 9-4:** Correlación entre la concentración de gas radón y el pH del suelo.

<b>Concentración de gas radón</b>	<b>pH</b>	
	Correlación de Pearson	-0.460
	Sig. (bilateral)	0.436

**Realizado por:** Berrones, Samanta & Caluña, Henry, 2023 (GIDAC)

En este caso se observa que el coeficiente de correlación  $r$  de Pearson es de - 0.460, es decir existe una correlación negativa débil. Sin embargo, el valor de la significancia bilateral de 0.436, que es superior al 0,05 requerido para validar la correlación entre ambas variables de análisis.

4.3.2.4. *Correlación de Pearson entre la concentración de gas radón y la conductividad del suelo*

**Tabla 10-4:** Correlación entre la concentración de gas radón y la conductividad del suelo.

<b>Concentración de gas radón</b>	<b>Conductividad</b>	
	Correlación de Pearson	0.615
	Sig. (bilateral)	0.269

**Realizado por:** Berrones, Samanta & Caluña, Henry, 2023 (GIDAC)

En este caso se observa que el coeficiente de correlación  $r$  de Pearson es de 0.615, es decir existe una correlación positiva media. Sin embargo, el valor de la significancia bilateral de 0.269, que es superior al 0,05 requerido para validar la correlación entre ambas variables de análisis.

4.3.2.5. *Correlación de Pearson entre la concentración de gas radón y la altitud en relación con el nivel del mar*

**Tabla 11-4:** Correlación entre la concentración de gas radón y la altitud

<b>Concentración de gas radón</b>	<b>Altitud</b>	
	Correlación de Pearson	-0.007
	Sig. (bilateral)	0.992

**Realizado por:** Berrones, Samanta & Caluña, Henry, 2023 (GIDAC)

En este caso se observa que el coeficiente de correlación  $r$  de Pearson es de -0.007, es decir existe una correlación negativa muy débil. Sin embargo, el valor de la significancia bilateral de 0.992, que es superior al 0,05 requerido para validar la correlación entre ambas variables de análisis.

4.3.2.6. *Correlación de Pearson entre la concentración de gas radón y la materia orgánica del suelo*

**Tabla 12-4:** Correlación entre la concentración de gas radón y la materia orgánica del suelo.

<b>Concentración de gas radón</b>	<b>Materia Orgánica</b>	
	Correlación de Pearson	0.626
	Sig. (bilateral)	0.259

**Realizado por:** Berrones, Samanta & Caluña, Henry, 2023 (GIDAC)

En este caso se observa que el coeficiente de correlación  $r$  de Pearson es de 0.626, es decir existe una correlación negativa medio. Sin embargo, el valor de la significancia bilateral de 0.259, que es superior al 0,05 requerido para validar la correlación entre ambas variables de análisis.

#### 4.3.3. Transecto 3

##### 4.3.3.1. Correlación de Pearson entre la concentración de gas radón y la humedad del suelo

**Tabla 13-4:** Correlación entre la concentración de gas radón y la humedad del suelo.

Concentración de gas radón	Humedad Relativa	
	Correlación de Pearson	-0.521
	Sig. (bilateral)	0.479

Realizado por: Berrones, Samanta & Caluña, Henry, 2023 (GIDAC)

En este caso se observa que el coeficiente de correlación  $r$  de Pearson es de -0.521, es decir existe una correlación negativa media. Sin embargo, el valor de la significancia bilateral de 0.479, que es superior al 0,05 requerido para validar la correlación entre ambas variables de análisis.

##### 4.3.3.2. Correlación de Pearson entre la concentración de gas radón y la presión barométrica

**Tabla 14-4:** Correlación entre la concentración de gas radón y la presión barométrica.

Concentración de gas radón	Presión Barométrica	
	Correlación de Pearson	0.133
	Sig. (bilateral)	0.831

Realizado por: Berrones, Samanta & Caluña, Henry, 2023 (GIDAC)

En este caso se observa que el coeficiente de correlación  $r$  de Pearson es de 0.133, es decir existe una correlación positiva muy débil. Sin embargo, el valor de la significancia bilateral de 0.831, que es superior al 0,05 requerido para validar la correlación entre ambas variables de análisis.

##### 4.3.3.3. Correlación de Pearson entre la concentración de gas radón y el pH del suelo

**Tabla 15-4:** Correlación entre la concentración de gas radón y el pH del suelo.

Concentración de gas radón	pH	
	Correlación de Pearson	-0.280
	Sig. (bilateral)	0.648

Realizado por: Berrones, Samanta & Caluña, Henry, 2023 (GIDAC)

En este caso se observa que el coeficiente de correlación  $r$  de Pearson es de - 0.280, es decir existe una correlación negativa débil. Sin embargo, el valor de la significancia bilateral de 0.648, que es superior al 0,05 requerido para validar la correlación entre ambas variables de análisis.

4.3.3.4. *Correlación de Pearson entre la concentración de gas radón y la conductividad del suelo*

**Tabla 16-4:** Correlación entre la concentración de gas radón y la conductividad del suelo.

		<b>Conductividad</b>
<b>Concentración de gas radón</b>	Correlación de Pearson	-0.591
	Sig. (bilateral)	0.294

**Realizado por:** Berrones, Samanta & Caluña, Henry, 2023 (GIDAC)

En este caso se observa que el coeficiente de correlación  $r$  de Pearson es de - 0.591, es decir existe una correlación negativa media. Sin embargo, el valor de la significancia bilateral de 0.294, que es superior al 0,05 requerido para validar la correlación entre ambas variables de análisis.

4.3.3.5. *Correlación de Pearson entre la concentración de gas radón y la altitud en relación con el nivel del mar*

**Tabla 17-4:** Correlación entre la concentración de gas radón y la altitud.

		<b>Altitud</b>
<b>Concentración de gas radón</b>	Correlación de Pearson	-0.080
	Sig. (bilateral)	0.898

**Realizado por:** Berrones, Samanta & Caluña, Henry, 2023 (GIDAC)

En este caso se observa que el coeficiente de correlación  $r$  de Pearson es de - 0.080, es decir existe una correlación negativa muy débil. Sin embargo, el valor de la significancia bilateral de 0.898, que es superior al 0,05 requerido para validar la correlación entre ambas variables de análisis.

#### 4.3.3.6. *Correlación de Pearson entre la concentración de gas radón y la materia orgánica del suelo*

**Tabla 18-4:** Correlación entre la concentración de gas radón y la materia orgánica del suelo.

<b>Concentración de gas radón</b>	<b>Materia Orgánica</b>	
	Correlación de Pearson	-0.601
	Sig. (bilateral)	0.283

**Realizado por:** Berrones, Samanta & Caluña, Henry, 2023 (GIDAC)

En este caso se observa que el coeficiente de correlación  $r$  de Pearson es de -0.601, es decir existe una correlación negativa medio. Sin embargo, el valor de la significancia bilateral de 0.283, que es superior al 0,05 requerido para validar la correlación entre ambas variables de análisis.

#### 4.3.4. *Transecto 4*

##### 4.3.4.1. *Correlación de Pearson entre la concentración de gas radón y la humedad del suelo*

**Tabla 19-4:** Correlación entre la concentración de gas radón y la humedad del suelo.

<b>Concentración de gas radón</b>	<b>Humedad Relativa</b>	
	Correlación de Pearson	-0.580
	Sig. (bilateral)	0.228

**Realizado por:** Berrones, Samanta & Caluña, Henry, 2023 (GIDAC)

En este caso se observa que el coeficiente de correlación  $r$  de Pearson es de -0.580, es decir existe una correlación negativa considerable. Sin embargo, el valor de la significancia bilateral de 0.228, que es superior al 0,05 requerido para validar la correlación entre ambas variables de análisis.

##### 4.3.4.2. *Correlación de Pearson entre la concentración de gas radón y la presión barométrica*

**Tabla 20-4:** Correlación entre la concentración de gas radón y la presión barométrica.

<b>Concentración de gas radón</b>	<b>Presión Barométrica</b>	
	Correlación de Pearson	0.911*
	Sig. (bilateral)	0.032

\*. La correlación es significativa en el nivel 0,05 (bilateral).

**Realizado por:** Berrones, Samanta & Caluña, Henry, 2023 (GIDAC)

El valor del estadístico r de Pearson es de 0.911, además esta correlación es Muy alta. Por lo que se puede afirmar con un 95% de confianza, que en el ámbito de estudio hay una “correlación positiva baja” entre la presión y la Concentración de gas radón porque el valor de Sig. (bilateral) es de 0.032, que se encuentra por debajo del 0.05 requerido.

#### 4.3.4.3. Correlación de Pearson entre la concentración de gas radón y el pH del suelo

**Tabla 21-4:** Correlación entre la concentración de gas radón y el pH del suelo.

<b>Concentración de gas radón</b>	<b>pH</b>	
	Correlación de Pearson	-0.091
Sig. (bilateral)	0.884	

**Realizado por:** Berrones, Samanta & Caluña, Henry, 2023 (GIDAC)

En este caso se observa que el coeficiente de correlación r de Pearson es de -0.091, es decir existe una correlación negativa muy débil. Sin embargo, el valor de la significancia bilateral de 0.884, que es superior al 0,05 requerido para validar la correlación entre ambas variables de análisis.

#### 4.3.4.4. Correlación de Pearson entre la concentración de gas radón y la conductividad del suelo

**Tabla 22-4:** Correlación entre la concentración de gas radón y la conductividad del suelo.

<b>Concentración de gas radón</b>	<b>Conductividad</b>	
	Correlación de Pearson	-0.198
Sig. (bilateral)	0.749	

**Realizado por:** Berrones, Samanta & Caluña, Henry, 2023 (GIDAC)

En este caso se observa que el coeficiente de correlación r de Pearson es de -0.198, es decir existe una correlación negativa débil. Sin embargo, el valor de la significancia bilateral de 0.749, que es superior al 0,05 requerido para validar la correlación entre ambas variables de análisis.

#### 4.3.4.5. Correlación de Pearson entre la concentración de gas radón y la altitud en relación con el nivel del mar

**Tabla 23-4:** Correlación entre la concentración de gas radón y la altitud.

<b>Concentración de gas radón</b>	<b>Altitud</b>	
	Correlación de Pearson	-0.889*
Sig. (bilateral)	0.044	



**Realizado por:** Berrones, Samanta & Caluña, Henry, 2023 (GIDAC)

El valor del estadístico r de Pearson es de -0.889, además esta correlación es Muy alta. Por lo que se puede afirmar con un 95% de confianza, que en el ámbito de estudio hay una “correlación positiva baja” entre la Altitud y la Concentración de gas radón porque el valor de Sig. (bilateral) es de 0.044, que se encuentra por debajo del 0.05 requerido.

#### 4.3.4.6. *Correlación de Pearson entre la concentración de gas radón y la materia orgánica del suelo*

**Tabla 24-4:** Correlación entre la concentración de gas radón y la materia orgánica del suelo.

<b>Concentración de gas radón</b>	<b>Materia Orgánica</b>	
	Correlación de Pearson	-0.420
	Sig. (bilateral)	0.481

**Realizado por:** Berrones, Samanta & Caluña, Henry, 2023 (GIDAC)

En este caso se observa que el coeficiente de correlación r de Pearson es de - 0.420, es decir existe una correlación negativa media. Sin embargo, el valor de la significancia bilateral de 0.481, que es superior al 0,05 requerido para validar la correlación entre ambas variables de análisis.

#### 4.3.5. *Transecto 5*

##### 4.3.5.1. *Correlación de Pearson entre la concentración de gas radón y la humedad del suelo*

**Tabla 25-4:** Correlación entre la concentración de gas radón y la humedad del suelo.

<b>Concentración de gas radón</b>	<b>Humedad Relativa</b>	
	Correlación de Pearson	0.433
	Sig. (bilateral)	0.466

**Realizado por:** Berrones, Samanta & Caluña, Henry, 2023 (GIDAC)

En este caso se observa que el coeficiente de correlación r de Pearson es de 0.433, es decir existe una correlación positiva alta. Sin embargo, el valor de la significancia bilateral de 0.466, que es superior al 0,05 requerido para validar la correlación entre ambas variables de análisis.

#### 4.3.5.2. Correlación de Pearson entre la concentración de gas radón y la presión barométrica

**Tabla 26-4:** Correlación entre la concentración de gas radón y la presión barométrica.

<b>Concentración de gas radón</b>	<b>Presión barométrica.</b>	
	Correlación de Pearson	-0.149
	Sig. (bilateral)	0.811

**Realizado por:** Berrones, Samanta & Caluña, Henry, 2023 (GIDAC)

En este caso se observa que el coeficiente de correlación  $r$  de Pearson es de -0.149, es decir existe una correlación negativa muy baja. Sin embargo, el valor de la significancia bilateral de 0.811, que es superior al 0,05 requerido para validar la correlación entre ambas variables de análisis.

#### 4.3.5.3. Correlación de Pearson entre la concentración de gas radón y el pH del suelo

**Tabla 27-4:** Correlación entre la concentración de gas radón y el pH del suelo.

<b>Concentración de gas radón</b>	<b>pH</b>	
	Correlación de Pearson	-0.943*
	Sig. (bilateral)	0.016

**Realizado por:** Berrones, Samanta & Caluña, Henry, 2023 (GIDAC)

Existe correlación entre la concentración de gas radón y el pH con un valor de -0.943 (fuerte negativa) y un nivel de significancia de 0.016, comprobándose así que la concentración de gas radón es inversamente proporcional al pH, es decir que a menor pH mayor es la concentración de gas radón. Sin embargo, el pH promedio para todos los suelos fue 7.34 (neutro), considerado apto para las actividades agrícolas.

#### 4.3.5.4. Correlación de Pearson entre la concentración de gas radón y la conductividad del suelo

**Tabla 28-4:** Correlación entre la concentración de gas radón y la conductividad del suelo.

<b>Concentración de gas radón</b>	<b>Conductividad</b>	
	Correlación de Pearson	0.164
	Sig. (bilateral)	0.793

**Realizado por:** Berrones, Samanta & Caluña, Henry, 2023 (GIDAC)

En este caso se observa que el coeficiente de correlación  $r$  de Pearson es de 0.164, es decir existe una correlación positiva alta. Sin embargo, el valor de la significancia bilateral de 0.793, que es superior al 0,05 requerido para validar la correlación entre ambas variables de análisis.

4.3.5.5. *Correlación de Pearson entre la concentración de gas radón y la altitud en relación con el nivel del mar*

**Tabla 29-4:** Correlación entre la concentración de gas radón y la altitud.

<b>Concentración de gas radón</b>	<b>Altitud</b>	
	Correlación de Pearson	0.041
Sig. (bilateral)	0.947	

**Realizado por:** Berrones, Samanta & Caluña, Henry, 2023 (GIDAC)

En este caso se observa que el coeficiente de correlación  $r$  de Pearson es de 0.041, es decir existe una correlación positiva alta. Sin embargo, el valor de la significancia bilateral de 0.947, que es superior al 0,05 requerido para validar la correlación entre ambas variables de análisis.

4.3.5.6. *Correlación de Pearson entre la concentración de gas radón y la materia orgánica del suelo*

**Tabla 30-4:** Correlación entre la concentración de gas radón y la materia orgánica del suelo.

<b>Concentración de gas radón</b>	<b>Materia Orgánica</b>	
	Correlación de Pearson	0.240
Sig. (bilateral)	0.697	

**Realizado por:** Berrones, Samanta & Caluña, Henry, 2023 (GIDAC)

En este caso se observa que el coeficiente de correlación  $r$  de Pearson es de 0.240, es decir existe una correlación positiva alta. Sin embargo, el valor de la significancia bilateral de 0.697, que es superior al 0,05 requerido para validar la correlación entre ambas variables de análisis.

## CONCLUSIONES

- El análisis de correlación entre los datos de concentración del gas radón en suelo y los parámetros atmosféricos determinó que, en el sector de Rumipamba entre la humedad relativa del suelo y la concentración del gas radón existe una correlación negativa en los 5 transectos lo cual nos indica que son inversamente proporcional; caso contrario entre la presión atmosférica y la concentración de gas radón existe una correlación positiva muy débil donde nos indica una incidencia mínima en la concentración de dicho gas.
- La correlación entre la concentración de gas radón con características fisicoquímicas y químicas del suelo, como pH húmedo, conductividad eléctrica, altitud y materia orgánica de los 5 transectos, presentaron una correlación negativa media correspondiente a la escala de Pearson que indica, que la concentración de gas radón no influye en las características fisicoquímica y químicas del suelo.
- Las lecturas de concentración de gas radón son superiores a los 4380 Bq/m<sup>3</sup> del punto R13 en el transecto 4 siendo esta la concentración más baja, donde en el transecto 1 posee una lectura de 120000 Bq/m<sup>3</sup> en el punto R33 con respecto a los demás transectos siendo la de mayor concentración; esto debido a que puede relacionarse con diferentes factores presentes en nuestra área de estudio.

## **RECOMENDACIONES**

- Realizar mediciones de gas radón en otras áreas para tener una base de datos que ayuden a la posterior investigación para determinar si por la presencia de la falla geológica existe mayor cantidad de concentración del gas.

## BIBLIOGRAFÍA

**ANSRE, C., MIYITTAH, M., ANDAM, A. & DODOR, Daniel.** “Radon Risk Assessment in the South Dayi District of the Volta Region, Ghana”. *Journal of Radiation Research and Applied Sciences*. [en línea], 2018, (Ghana) 11(1), pp 10 – 17. [Consulta: 21 noviembre 2022]. ISSN 1687-8507. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.jrras.2017.10.002>

**AUCAPIÑA G. & LLANES R.** “Radon gas monitoring survey for the determination of Radon Prone Areas in Lombardia”. *Societe Francaise de Radioprotection - SFRP, BP72, 92263 Fontenay-aux-Roses Cedex (France)*. [en línea], 2015, (Lombardia), pp 1-9. [Consulta: 21 noviembre 2022]. 20901411. Disponible en: <https://www.osti.gov/etdeweb/biblio/20901411>

**BASKARAN, M.** *Radon: A Tracer for Geological, Geophysical and Geochemical Studies*. [en línea]. Springer International Publishing, 2016. [Consulta: 21 noviembre 2022]. Disponible en: <https://doi.org/10.1007/978-3-319-21329-3>

**CARRION-MATTA, A., LAWRENCE, J., KANG, C., WOLFSON, J., LI, L., ZILLI, C., SCHWARTZ, J., DEMOKRITOU, P. & KOUTRAKIS, P.** “Predictors of Indoor Radon Levels in the Midwestern United States”. *Journal of the Air & Waste Management Association*. [en línea], 2021, (United State of America) 71(12), pp 1515–1528. [Consulta: 22 noviembre 2022]. Disponible en: <https://doi.org/10.1080/10962247.2021.1950074>

**CASANOVA, E.** *Introducción a la ciencia del suelo. UCV-CDCH*. [en línea]. Venezuela: Consejo de Desarrollo Científico y Humanístico, 2005. [Consulta: 22 noviembre 2022]. Disponible en: [https://books.google.com.ec/books?hl=es&lr=&id=k4FXuHW1ozQC&oi=fnd&pg=PA9&dq=Introducci%C3%B3n+a+la+ciencia+del+suelo.+UCVCDCH&ots=7HzeL2EXqz&sig=HrmX17JzXd9S9maiYntZPiFGqk&redir\\_esc=y#v=onepage&q=Introducci%C3%B3n%20a%20la%20ciencia%20del%20suelo.%20UC](https://books.google.com.ec/books?hl=es&lr=&id=k4FXuHW1ozQC&oi=fnd&pg=PA9&dq=Introducci%C3%B3n+a+la+ciencia+del+suelo.+UCVCDCH&ots=7HzeL2EXqz&sig=HrmX17JzXd9S9maiYntZPiFGqk&redir_esc=y#v=onepage&q=Introducci%C3%B3n%20a%20la%20ciencia%20del%20suelo.%20UC)

**CASTILLO, M., CARMEN C. & JORDÁN, M.** *Meteorología y clima*. [en línea]. España: EDICIONS UPC, 1999. [Consulta: 22 noviembre 2022]. Disponible en: [https://books.google.com.ec/books?hl=es&lr=&id=YteA9mrI6skC&oi=fnd&pg=PA13&dq=Meteorolog%C3%ADa+y+clima&ots=LIZ9Xf1n9h&sig=Id3dB3Nt5oulurerNjoFK0jSKQ&redir\\_esc=y#v=onepage&q=Meteorolog%C3%ADa%20y%20clima&f=false](https://books.google.com.ec/books?hl=es&lr=&id=YteA9mrI6skC&oi=fnd&pg=PA13&dq=Meteorolog%C3%ADa+y+clima&ots=LIZ9Xf1n9h&sig=Id3dB3Nt5oulurerNjoFK0jSKQ&redir_esc=y#v=onepage&q=Meteorolog%C3%ADa%20y%20clima&f=false)

**CHEN, Z., LI, Y., LIU, Z., WANG, J., ZHOU, X. & DU, J.** “Radon emission from soil gases in the active fault zone in the Capital of China and its environmental effects”. *Scientific Reports*. [en línea], 2018. 8(16772), pp. 1-12. [Consulta: 22 noviembre 2022]. Disponible en: <https://doi.org/10.1038/s41598-018-35262-1>

**COLECTIVO DE AUTORES.** *Libro de Texto Ciencias Naturales 5to Grado. Editorial Pueblo y Educación*. [en línea]. Ecuador, (s.d). [Consulta: 22 noviembre 2022]. Disponible en:

**DECRETO EJECUTIVO 3516.** *Reforma Texto Unificado Legislación Secundaria, Medio Ambiente, Libro VI.*

**DECRETO EJECUTIVO 3516.** *Texto Unificado Legislación Secundaria de Medio Ambiente.*

**DELGADO, D.** “Aplicación de enmiendas orgánicas para la recuperación de propiedades físicas del suelo asociadas a la erosión hídrica”. *Lámpsakos* [en línea], 2017, (Colombia) (17), pp. 77-83. [Consulta: 22 noviembre 2022]. ISSN: 2145-4086. Disponible en: <https://doi.org/10.21501/21454086.1907>

**DURRIDGE Company.** *DETECTOR DE RADÓN RAD7* [en línea]. USA. 2014. [Consulta: 23 noviembre 2022]. Disponible en: <https://docplayer.es/73350200-Detector-de-radon-rad7.html>

**FRIAS, E.** *Geomorfología del Ecuador*. [blog]. Ecuador, 2015. [Consulta: 22 noviembre 2022]. Disponible en: <https://es.slideshare.net/edefrias/geografa-de-ecuador>

**FUENTE, M., RABAGO, D., GOGGINS, J., FUENTES, I., SAINZ, C. & FOLEY, M.** “Radon mitigation through soil depressurization: case study: radon concentration and pressure field extension monitoring in a pilot house in Spain”. *Science of The Total Environment* [en línea], 2019, (España) 695, pp. 1-11. [Consulta: 23 noviembre 2022]. ISSN 0048-9697. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.133746>

**GARZON, G.** *El Radón - Manual Teórico Práctico*. [en línea]. Ingeominas (informe interno), 2009. [Consulta: 23 noviembre 2022]. Disponible en: <https://apicatalogador.sgc.gov.co/index.php/invapnuclear/article/view/560>

**GELATI, Pablo Raúl.** Distribución del tamaño de partículas y microagregados en suelos de la Pradera Pampeana: estudio mediante la geometría fractal (Trabajo de titulación). (Doctoral)

Universidad Nacional de La Plata, Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales. Argentina. 2020. pp. 1-163. [Consulta: 24 noviembre 2022]. Disponible en: <http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/102199>

**GLASS, C.** *Interpreting Aerial Photographs to Identify Natural Hazards* [en línea]. USA: Elsevier, 2013. [Consulta: 24 noviembre 2022]. Disponible en: [https://books.google.com.ec/books?hl=es&lr=&id=YdYUAAAAQBAJ&oi=fnd&pg=PP1&dq=Interpreting+Aerial+Photographs+to+Identify+Natural+Hazards&ots=Qb4jvPbE8d&sig=Od2MwPyDOgog708WdmLAUxc\\_dF0&redir\\_esc=y#v=onepage&q=Interpreting%20Aerial%20Photographs%20to%20Identify%20Natural%20Hazards&f=false](https://books.google.com.ec/books?hl=es&lr=&id=YdYUAAAAQBAJ&oi=fnd&pg=PP1&dq=Interpreting+Aerial+Photographs+to+Identify+Natural+Hazards&ots=Qb4jvPbE8d&sig=Od2MwPyDOgog708WdmLAUxc_dF0&redir_esc=y#v=onepage&q=Interpreting%20Aerial%20Photographs%20to%20Identify%20Natural%20Hazards&f=false)

**GLOBE.** *Protocolo de temperatura del suelo.*

**GONZÁLEZ, K.** Correlación de las Variables Meteorológicas y físicas del suelo, con la concentración de radón en el mismo, en ocho puntos de la periferia de la ciudad de Cuenca, Ecuador (Trabajo de titulación). (Ingeniería) Universidad Politécnica Salesiana, Cuenca 2018. pp. 1–86. [Consulta: 25 noviembre 2022]. Disponible en: <https://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/15184>

**GRUMELLI, M., BECKER, A. & SCHIAVO, H.** *XXV CONGRESO ARGENTINO DE LA CIENCIA DEL SUELO “Caracterización Sedimentológica Del Material Originario De Suelos Aluviales Pleistocenos”* [blog]. Río Cuarto, 2016. [Consulta: 25 noviembre 2022]. Disponible en: [https://www.researchgate.net/profile/MariaGrumelli/publication/304822663\\_CHARACTERIZACION\\_SEDIMENTOLOGICA\\_DEL\\_MATERIAL\\_ORIGINARIO\\_DE\\_SUELOS\\_ALUVIALES\\_PLEISTOCENOS/links/577bd29508aece6c20fccad5/CARACTERIZACIONSEDIMENTOLOGICA-DEL-MATERIAL-ORIGINARIO-DE-SUELOS-ALUVIALES-PLEISTOCENOS.pdf](https://www.researchgate.net/profile/MariaGrumelli/publication/304822663_CHARACTERIZACION_SEDIMENTOLOGICA_DEL_MATERIAL_ORIGINARIO_DE_SUELOS_ALUVIALES_PLEISTOCENOS/links/577bd29508aece6c20fccad5/CARACTERIZACIONSEDIMENTOLOGICA-DEL-MATERIAL-ORIGINARIO-DE-SUELOS-ALUVIALES-PLEISTOCENOS.pdf)

**GUERRERO, L.** “Pasado y porvenir de la construcción con bajareque”. *Dialnet* [en línea], 2017, (México) 4(8), pp. 69-80. [Consulta: 25 noviembre 2022]. ISSN-e 2007-8773. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6067557>

**GULLCA, Evelin Liliana & NARANJO, Kathya Milena.** Estimación de la Concentración de gas radón en suelo mediante el Método Weeks en la Falla Pallatanga en el sector de Cajabamba [en línea] (Trabajo de titulación). (Ingeniería) Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Facultad de Ciencias, Escuela de Ciencias Químicas. Ecuador. 2022. pp. 1-100 [Consulta: 26 noviembre 2022]. Disponible en: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/17676/1/236T0652.pdf>



**GUTIÉRREZ, I., GUERRERO, J., MARTÍN, J., ADAME, J., VARGAS, A. & BOLIVAR, J.** “Radon transport events associated with the impact of a NORM repository”. *Environmental Pollution*. [en línea], 2021, (España) 289. pp. 1-10. [Consulta: 26 noviembre 2022]. ISSN 0269-7491. Disponibilidad en: <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2021.117963>

**HERRERA LLERENA, Darwin Guillermo & CABASCANGO ULCUANGO, Jerson Santiago.** Concentraciones de radón-222 en el suelo de una zona del cantón Riobamba perpendicular a la falla Pallatanga [en línea] (Trabajo de titulación). (Ingeniería) Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Facultad de Ciencias, escuela de Física. 2022. pp. 1-57 [Consulta: 26 noviembre 2022]. Disponible en: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/17495>

**HODGSON, J.** *Muestreo y descripción de suelos* [en línea]. España: Reverté, S.A, 1987. [Consulta: 27 noviembre 2022]. Disponible en: [https://books.google.com.ec/books?hl=es&lr=&id=GgeHNCUwXYC&oi=fnd&pg=PA1&dq=Muestreo+y+descripci%C3%B3n+de+suelos&ots=9dqdOGv1b7&sig=Fe45zNwJXIBYBQLqJ9anCDPBEFk&redir\\_esc=y#v=onepage&q=Muestreo%20y%20descripci%C3%B3n%20de%20suelos&f=false](https://books.google.com.ec/books?hl=es&lr=&id=GgeHNCUwXYC&oi=fnd&pg=PA1&dq=Muestreo+y+descripci%C3%B3n+de+suelos&ots=9dqdOGv1b7&sig=Fe45zNwJXIBYBQLqJ9anCDPBEFk&redir_esc=y#v=onepage&q=Muestreo%20y%20descripci%C3%B3n%20de%20suelos&f=false)

**INSTITUTO GEOGRÁFICA NACIONAL.** *Descubre el territorio* [blog]. [Consulta: 27 noviembre 2022]. Disponible en: <https://www.ign.es/recursos-educativos/descubre-territorio/index.html>

**KUAR, I., GRUPTA, A., PAL, B., SHARMA, S. & KUMAR, A.** “Assessment of radon and potentially toxic metals in agricultural soils of Punjab, India”. *Microchemical Journal* [en línea], 2019, (Punjab) 146, pp. 444-454. [Consulta: 27 noviembre 2022]. ISSN 0026-265X. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.microc.2019.01.028>

**KULALI, F., AKKURT, I. & ÖZGÜR, N.** “The effect of meteorological parameters on the concentration of radon in soil gas”. *Acta Physica Polonica A* [en línea], 2017, (Turquía) 132(3-II), pp. 1-3. [Consulta: 27 noviembre 2022]. Disponible en: <https://bibliotekanauki.pl/articles/1031284.pdf>

**LALINDE, J., CASTRO, F., RODRÍGUEZ, J., RANGEL, J., SIERRA, C., TORRADO, M & PIRELA, V.** “Sobre el uso adecuado del coeficiente de correlación de Pearson: definición, propiedades y suposiciones” *Archivos Venezolanos De Farmacología Y Terapéutica* [en línea],

2018, (Venezuela) 37(5), pp. 1-16. [Consulta: 28 noviembre 2022]. Disponibilidad en: <https://www.redalyc.org/journal/559/55963207025/55963207025.pdf>

**LÓPEZ, J., DENA, O., SAJÓ-BOHUS, L., RODRÍGUEZ, G. & CHAVARRÍA, I.** “Correlación entre el gas de radón subterráneo y las fallas geológicas inactivas” *ResearchGate* [en línea], 2016, (México), pp. 265-275. [Consulta: 28 noviembre 2022]. Disponible en: [https://www.researchgate.net/publication/306943397\\_Correlation\\_Between\\_Underground\\_Radon\\_Gas\\_and\\_Dormant\\_Geological\\_Faults](https://www.researchgate.net/publication/306943397_Correlation_Between_Underground_Radon_Gas_and_Dormant_Geological_Faults)

**MERY, R.** *Determinación manual de la textura de suelos mediante la técnica del "tacto"* [blog]. studocu, 1980. [Consulta: 28 noviembre 2022]. Disponible en: <https://www.studocu.com/ec/document/universidad-politecnica-salesiana/mecanica-de-suelos-basica/determinacion-de-la-textura-del-suelo-metodo-del-tacto-pasado/10584077>

**MICHÉLI, E., LÁNG, V., OWENS, P. MACBRATNEY, A. & HEMPEL, J.** “Testing the pedometric evaluation of taxonomic units on soil taxonomy — A step in advancing towards a universal soil classification system”. *Geoderma* [en línea], 2016, (USA) 264 (B), pp. 340-349. [Consulta: 29 noviembre 2022]. ISSN 0016-7061. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0016706115300811>

**MOLERIO, L., ALDANA, C., MARRERO, J., BALADO, E., FARFÁN, H. & DÍAZ, C.** “Distribución de vanadio como trazador de la migración de aguas de capa de yacimientos petrolíferos en acuíferos cársicos litorales. 1. Ocurrencia y geoquímica básica”. *Medio Ambiente y desarrollo* [en línea], 2016, (Cuba) (30), pp. 1-9. [Consulta: 29 noviembre 2022]. ISSN-1683-8904. Disponible en: <https://cmad.ama.cu/index.php/cmاد/article/view/220/496>

**MOROCHO, M. & MORA, M.** “Microorganismos eficientes, propiedades funcionales y aplicaciones agrícolas”. *Centro Agrícola* [en línea], 2019, (Ecuador) 46(2), pp. 1-11. [Consulta: 29 noviembre 2022]. ISSN 0253-5785. Disponible en: <http://scielo.sld.cu/pdf/cag/v46n2/0253-5785-cag-46-02-93.pdf>

**NUÑEZ, J.** *Manual de laboratorio de edafología* [en línea]. Costa Rica: Editorial Universidad Estatal a Distancia, 2006. [Consulta: 30 noviembre 2022]. Disponible en: <https://isbn.cloud/en/9789977648873/manual-de-laboratorio-de-edafologia/>

**ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA SALUD.** *El radón y sus efectos en la salud* [blog]. [Consulta: 30 noviembre 2022]. Disponible en: <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/radon-and-health>

**OTTON, J.** *The Geology of Radon*. [en línea]. USA: Department of the Interior, 2015. [Consulta: 30 noviembre 2022]. Disponible en: [https://ttuir.tdl.org/bitstream/handle/2346/63836/ttu\\_gs0001\\_000287.pdf?sequence=1](https://ttuir.tdl.org/bitstream/handle/2346/63836/ttu_gs0001_000287.pdf?sequence=1)

**PAVÓN, F. & CONTRERAS, D.** “Zonificación de la amenaza por dispersión y caída de ceniza del volcán Guagua Pichincha, Ecuador”. *Investigaciones Geográficas* [en línea], 2021, (Ecuador) (105), pp. 1-36. [Consulta: 01 Diciembre 2022]. ISSN: 2448-7279. Disponible en: <https://www.scielo.org.mx/pdf/igeo/n105/2448-7279-igeo-105-e60315.pdf>

**PDOT JUAN DE VELAZCO.** *Plan De Desarrollo Y Ordenamiento Territorial De La Parroquia Juan De Velasco 2019 - 2023*

**PEPPER, I & BRUSSEAU, M.** *Environmental and Pollution Science* [en línea]. Second Edition, 2019. [Consulta: 01 diciembre 2022]. Disponible en: [https://books.google.com.ec/books?hl=es&lr=&id=6ZrBZCllgeIC&oi=fnd&pg=PP1&dq=Environmental+and+Pollution+Science&ots=0rzHYRXWIC&sig=xXXUfvDPgIGunklVP3K5WZrH5i0&redir\\_esc=y#v=onepage&q=Environmental%20and%20Pollution%20Science&f=false](https://books.google.com.ec/books?hl=es&lr=&id=6ZrBZCllgeIC&oi=fnd&pg=PP1&dq=Environmental+and+Pollution+Science&ots=0rzHYRXWIC&sig=xXXUfvDPgIGunklVP3K5WZrH5i0&redir_esc=y#v=onepage&q=Environmental%20and%20Pollution%20Science&f=false)

**PEREIRA, Carolina.** *Semana de la Ciencia y Tecnología Jornada de Puertas Abiertas INIA Tacuarembó 20 de mayo de 2015* [blog]. 2015. [Consulta: 01 diciembre 2022]. Disponible en: <https://repositorio.upeu.edu.pe/handle/20.500.12840/3454>

**PÉREZ, R.** “El cuidado del medio ambiente, una cuestión ética”. *Sincronía* [en línea], 2016, (México) (69), pp. 1-9. [Consulta: 01 diciembre 2022]. ISSN: 1562-384X. Disponible en: <https://www.redalyc.org/journal/5138/513852378002/513852378002.pdf>

**PIERGALLINI, Alessandro.** Emissione anomala di radon come fenomeno anticipatore di terremoto [en línea] (Trabajo de titulación). (Doctoral) Università Politecnica delle Marche, Italia 2021. [Consulta: 01 diciembre 2022]. Disponible en: <https://tesi.univpm.it/handle/20.500.12075/526>

**PIERRE, Flavio.** “Mejoramiento Y Rehabilitación De La Carretera Vecinal Juan Guerra-Bello Horizonte Con Estabilización De Suelo Cemento Del Terreno De Fundación, Provincia De San

Martín, Región San Martín”. [en línea], 2018, (Tarapoto). [Consulta: 01 diciembre 2022]. Disponibilidad en: <https://tesis.unsm.edu.pe/bitstream/11458/2910/1/CIVIL%20-%20%20Flavio%20Gean%20Piere%20Pezo%20L%c3%b3pez.pdf>

**PORTAL DE SUELOS DE LA FAO.** *Indicators for soil quality evaluation* [blog], 1996. [Consulta: 05 diciembre 2022]. Disponible en: <https://www.fao.org/soils-portal/soil-degradation-restoration/evaluacion-de-los-indicadores-globales-de-la-salud-del-suelo/es/>

**QUINDÓS, L., SOTO, J., FERNÁNDEZ, P., VILLAR, E., NEWTON, G., PEÑA, J., GÁLVEZ, M. & ARTECHE, J.** “Radón, principal fuente de radiación natural”. *Revista Española de Física* [en línea], 1989, 3(2), pp. 22-26. [Consulta: 02 diciembre 2022]. Disponible en: <http://elradon.com/wp-content/uploads/2018/10/38.pdf>

**RAMÍREZ CARVAJAL, R.** *Propiedades físicas, químicas y biológicas de los suelos* [en línea]. Bogotá – Colombia: Prodimendios, 1997. [Consulta: 02 diciembre 2022]. Disponible en: <https://alasparguayas.edu.py/wp-content/uploads/2021/06/PROPIEDADES-FISICAS-QUIMICAS-y-BIOLOGICAS-DE-LOS-SUELOS.pdf>

**REGISTRO OFICIAL 449.** *Constitución De La Republica Del Ecuador 2008.*

**REGISTRO OFICIAL N° 507.** *Reglamento al Código Orgánico del Ambiente.*

**RENGIFO, M., ARANGUREN, R., LAFFAILLE, J., FERRER, C. & AUDEMARD, F.** “Mediciones de gas radon en un segmento de la falla de Bocono, estados Tachira y Merida”. *Boletín de Geología* [en línea], 2015, (Colombia) 37(2), pp. 1-18. [Consulta: 02 diciembre 2022]. ISSN 0120-0283. Disponible en: [http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0120-02832015000200006](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0120-02832015000200006)

**REVISTA MEXICANA DE CIENCIAS GEOLÓGICAS.** “Concentraciones de gas radón ( $^{222}\text{Rn}$ ) en suelo de la zona urbana de Morelia, Michoacán, México y su relación con fallas potencialmente sísmicas y asociadas con el proceso de subsidencia-fluencia”. [en línea], 2020, (México) 37(2), pp. . [Consulta: 03 diciembre 2022]. Disponible en: <https://doi.org/10.22201/cgeo.20072902e.2020.2.1547>

**RIVADENEIRA, F., SEGOVIA, M., ALVARADO, A., EGRED, J. TRONCOSO, L., VACA, S. & YEPES, H.** “Breves fundamentos sobre los terremotos en el Ecuador”. *Corporación Editorial Nacional* [en línea], 2007, (Ecuador), pp. . [Consulta: 03 diciembre 2022]. Disponible en: <https://aquadocs.org/handle/1834/2181>

**RODRÍGUEZ, A., RODRÍGUEZ, D. & MIRANDA, W.** “Evaluación del Potencial del radón en el territorio de la Antigua Provincia De La Habana” [en línea], 2015, pp. 1-7. [Consulta: 03 diciembre 2022]. Disponible en: <https://www.researchgate.net/profile/Willy-Rodriguez-4/project/Geofisica-Aplicada/attachment/5c6d7110cfe4a781a581a465/AS:728403099537408@1550676240817/download/Potencial+de+Rn+en+La+Habana.pdf?context=ProjectUpdatesLog>

**RODRÍGUEZ, Germán.** Using Underground Radon To Detect Inactive [en línea] (Trabajo de titulación). (Doctoral) University of Texas at El Paso. 2007. pp. 1-56. [Consulta: 04 diciembre 2022]. Disponible en: [https://scholarworks.utep.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1541&context=open\\_etd](https://scholarworks.utep.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1541&context=open_etd)

**ROJAS, J. & GUEVARA, G.** Efecto de rotaciones con algodón como cultivo principal en propiedades del suelo. XIX Congreso Latinoamericano y XXIII Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo- Mar del Plata [en línea] (Trabajo de titulación). (Maestría) Universidad Nacional de Tucumán. 2012. pp. 151. [Consulta: 04 diciembre 2022]. Disponible en: <https://repositorio.espam.edu.ec/handle/42000/1656>

**RUANO, A. QUINDÓS, L., SAINZ, C. & BARROS, J.** “Radón interior y salud pública en España: tiempo para la acción”. *Gaceta Sanitaria* [en línea], 2014, (España) 28(6), pp. 1-3. [Consulta: 04 diciembre 2022]. Disponible en: [https://www.scielosp.org/article/ssm/content/raw/?resource\\_ssm\\_path=/media/assets/gv28n6/editorial.pdf](https://www.scielosp.org/article/ssm/content/raw/?resource_ssm_path=/media/assets/gv28n6/editorial.pdf)

**RUCKS, L., GARCÍA, F., KAPLÁN, A. & HILL, M.** *Propiedades Físicas del Suelo* [en línea]. Montevideo-Uruguay, 2004. [Consulta: 04 diciembre 2022]. Disponible en: <https://bibliofagro.pbworks.com/f/propiedades%20fisicas%20del%20suelo.pdf>

**SALAZAR, S., HINCAPIÉ, W. & GARZÓN, G.** “El Gas Radón: Una Amenaza Radiactiva Natural”. *Boletín de Geología* [en línea], 2004, 26(42), pp. 1-9. [Consulta: 05 diciembre 2022]. Disponible en: <https://revistas.uis.edu.co/index.php/revistaboletindegologia/article/view/8252/8241>

**SAMPRIETRO, J., ARBOLEDA, J., GONZÁLEZ, L., BASTIDAS, J., VILLACIS, C., RODRÍGUEZ, D., ESPINOZA, L., IZQUIERDO, J., CHERE, B.** “Fusión nuclear: Estado del arte y futuras tendencias”. *Dialnet* [en línea], 2022, (Ecuador) 8(1), pp. 675-698. [Consulta: 05 diciembre 2022]. ISSN: 2477-8818. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8383352>

**SANJUÁN, M.** “El hormigón como barrera frente al gas radón en el contexto de la radiactividad natural de los materiales de construcción”. *Tecnología del cemento* [en línea], 2011, (España), pp. 1-7. [Consulta: 05 diciembre 2022]. Disponible en: [https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/83599020/2017\\_FICEM\\_El\\_hormigon\\_como\\_barrera\\_frente\\_al\\_gas\\_radon-libre.pdf?1649532950=&response-content-disposition=inline%3B+filename%3DEl\\_hormigon\\_como\\_barrera\\_frente\\_al\\_gas\\_r.pdf&Expires=1688525098&Signature=exksXe9yoalf7Ms85AQuoJvqGgH3QmUbTCNVAiqpQdIcqRIF8Zyx0CnhBIHHtrDo5JC7uo2FZQtclnSUi5QkPH8~7bbOhMLV7yeyV6gfHBoxX9~92GuqI8qQQpdriJSPbV3kGjR5jvsLzg1KzKm3I0J2U3aQwrMMiR9cHA6G63ujISScauxq83fgU-rweusXjHz71TAKc10eJyldlOqxrAi1qSf8HZsU1ho0X3pPmblr0urcIBT9u0sAgQgRqGJ6wHlf40tdXSxdQt~lGqtLFZg~QBXcMtgYWWHJQ02~aOtWgEBDAn74lm~ewDfYhiXoHtwp2s7VB6kg72FUEjQmQ\\_\\_&Key-Pair-Id=APKAJLOHF5GGSLRBV4ZA](https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/83599020/2017_FICEM_El_hormigon_como_barrera_frente_al_gas_radon-libre.pdf?1649532950=&response-content-disposition=inline%3B+filename%3DEl_hormigon_como_barrera_frente_al_gas_r.pdf&Expires=1688525098&Signature=exksXe9yoalf7Ms85AQuoJvqGgH3QmUbTCNVAiqpQdIcqRIF8Zyx0CnhBIHHtrDo5JC7uo2FZQtclnSUi5QkPH8~7bbOhMLV7yeyV6gfHBoxX9~92GuqI8qQQpdriJSPbV3kGjR5jvsLzg1KzKm3I0J2U3aQwrMMiR9cHA6G63ujISScauxq83fgU-rweusXjHz71TAKc10eJyldlOqxrAi1qSf8HZsU1ho0X3pPmblr0urcIBT9u0sAgQgRqGJ6wHlf40tdXSxdQt~lGqtLFZg~QBXcMtgYWWHJQ02~aOtWgEBDAn74lm~ewDfYhiXoHtwp2s7VB6kg72FUEjQmQ__&Key-Pair-Id=APKAJLOHF5GGSLRBV4ZA)

**STEINER, A.** “Radiación: efectos y fuentes Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente”. *PNUMA*, 2016. pp.1-20.

**SUAREZ, F.** *Conservación de suelos* [en línea]. 3ª edición. San José-Costa Rica: IICA, 1979. [Consulta: 06 diciembre 2022]. Disponible en: [https://books.google.com.ec/books?hl=es&lr=&id=0m4sMHHvahgC&oi=fnd&pg=PA20&dq=Conservaci%C3%B3n+de+Suelos+Suarez+F.+&ots=m4D6Vrzzl2&sig=yKfXkVHDGvfBJIN1U2\\_FQj7qaVE&redir\\_esc=y#v=onepage&q=Conservaci%C3%B3n%20de%20Suelos%20Suarez%20F.&f=false](https://books.google.com.ec/books?hl=es&lr=&id=0m4sMHHvahgC&oi=fnd&pg=PA20&dq=Conservaci%C3%B3n+de+Suelos+Suarez+F.+&ots=m4D6Vrzzl2&sig=yKfXkVHDGvfBJIN1U2_FQj7qaVE&redir_esc=y#v=onepage&q=Conservaci%C3%B3n%20de%20Suelos%20Suarez%20F.&f=false)

**THOMPSON, L. & TROEH, F.** *Los suelos y su fertilidad* [en línea]. 4ª edición. Barcelona-España: Reverté, 2012. [Consulta: 06 diciembre 2022]. Disponible en: [https://books.google.com.ec/books?hl=es&lr=&id=VpIUEAAAQBAJ&oi=fnd&pg=PR7&dq=Los+suelos+y+su+fertilidad&ots=GCU07rLqc7&sig=qSjByi0DShqyeszZaEYIR98FqXc&redir\\_esc=y#v=onepage&q=Los%20suelos%20y%20su%20fertilidad&f=false](https://books.google.com.ec/books?hl=es&lr=&id=VpIUEAAAQBAJ&oi=fnd&pg=PR7&dq=Los+suelos+y+su+fertilidad&ots=GCU07rLqc7&sig=qSjByi0DShqyeszZaEYIR98FqXc&redir_esc=y#v=onepage&q=Los%20suelos%20y%20su%20fertilidad&f=false)

**TOLUPE, D., CHANDRA, M., OBED, R., AJIBOYE, Y., AFOLABI, O., OLUBODUN, B. & Oni, O.** “Determination of Residential Soil Gas Radon Risk Indices Over the Lithological

Units of a Southwestern Nigeria University”. *Scientific Reports* [en línea], 2020, (Nigeria) 10(7368), pp. 1-10. [Consulta: 06 diciembre 2022]. Disponible en: <https://doi.org/10.1038/s41598-020-64217-8>

**VÁSQUEZ, C., LUNA, M. & SÁNCHEZ, L.** “Marie Sklodowska-Curie: apasionada por la investigación en radioactividad”. *Ciencias y Tecnología* [en línea], 2019, (Venezuela) 13(2), pp. 54-65. [Consulta: 07 diciembre 2022]. ISSN 1856-8890. Disponible en: <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.22125.82400>

**WHACHENG, Robert Anthony.** Dosis de radiación según técnica de acceso vascular percutáneo en pacientes sometidos a cateterismo cardíaco en hemodinámica en el Hospital Central FAP de enero a diciembre 2015 [en línea] (Trabajo de titulación). (Tecnología) Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Facultad de Medicina, Escuela Académico Profesional de Tecnología Médica. Perú. 2015. pp. 1-70. [Consulta: 07 diciembre 2022]. Disponible en: [http://cybertesis.unmsm.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12672/5540/Whacheng\\_br.pdf?sequence=3&isAllowed=y](http://cybertesis.unmsm.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12672/5540/Whacheng_br.pdf?sequence=3&isAllowed=y)

**WILKENING, M.** *Radon in the environment* [en línea]. Elsevier, 1990. [Consulta: 07 diciembre 2022]. Disponible en: [https://books.google.com.ec/books?hl=es&lr=&id=j4hyitQQRBkC&oi=fnd&pg=PP1&dq=Radon+in+Water+Chapter+11+wilkening&ots=Anka182z\\_G&sig=amjvorYHPc7w-ekuWn2qRdi22gM&redir\\_esc=y#v=onepage&q=Radon%20in%20Water%20Chapter%2011%20wilkening&f=false](https://books.google.com.ec/books?hl=es&lr=&id=j4hyitQQRBkC&oi=fnd&pg=PP1&dq=Radon+in+Water+Chapter+11+wilkening&ots=Anka182z_G&sig=amjvorYHPc7w-ekuWn2qRdi22gM&redir_esc=y#v=onepage&q=Radon%20in%20Water%20Chapter%2011%20wilkening&f=false)



## ANEXOS

### ANEXO A: ANOMALÍAS Y COEFICIENTE DE CORRELACIÓN DE PEARSON

#### Anomalías

Se define como anomalías cuando un determinado comportamiento o característica es relevante para un porcentaje bajo de la población

#### Correlación de Pearson

Es un indicador usado para describir cuantitativamente la fuerza y dirección de la relación entre 2 variables cuantitativas de distribución normal y ayuda a determinar la tendencia de 2 variables a ir juntas.

Características del coeficiente r de Pearson:

1. Indica si 2 variables están correlacionadas o no
2. El coeficiente r de Pearson indica la fuerza de la aparente relación
3. El coeficiente r de Pearson indica si la aparente relación es positiva o negativa.
4. El signo del coeficiente r de Pearson indica la naturaleza de la correlación entre las variables
5. El valor del coeficiente r de Pearson denota la fuerza o intensidad la correlación entre las variables
6. Si el signo de la correlación es positivo, significa que la relación es directa
7. Si el signo de la correlación es negativo, significa una relación inversa o indirecta
8. El valor de coeficiente r de Pearson esta entre (-1) y (+1)
9. El valor de coeficiente r de Pearson denota la fuerza de la asociación como se ilustra en el siguiente diagrama:

Si:

- a)  $r=0$  significa que no hay asociación o correlación entre 2 variables
- b) Si  $0 < r < 0.25$  = débil correlación
- c) Si  $0.25 \leq r < 0.75$  = medio correlación
- d) Si  $0.75 \leq r < 1$  = fuerte correlación



## ANEXO B: FOTOGRAFÍAS DEL TRABAJO DE CAMPO

a)



b)



c)



d)



### NOTAS

- a) Instalación de la sonda de acero
- b) Instalación del equipo
- c) Medición de parámetros atmosféricos
- d) Perforación con la ayuda del barreno

### ESPOCH

FACULTAD DE CIENCIAS  
ESCUELA DE CIENCIAS QUÍMICAS  
GIDAC

### REALIZADO POR:

Berrones Samanta, Caluña Henry,  
ESPOCH 2023

## ANEXO C: FOTOGRAFÍAS DEL TRABAJO EN EL LABORATORIO

<b>a)</b>	<b>b)</b>	<b>c)</b>	<b>d)</b>
			
<b>NOTAS</b>		<b>ESPOCH</b>	
a) Secado de muestras a temperatura ambiente b) Equipo de medición para conductividad c) Pesaje de muestra posterior a los 360° C d) Muestras de suelo para la determinación de M. O		<b>FACULTAD DE CIENCIAS</b> <b>ESCUELA DE CIENCIAS QUÍMICAS</b> <b>GIDAC</b>	
		<b>REALIZADO POR:</b> Berrones Samanta, Caluña Henry, ESPOCH 2023	



epoch

Dirección de Bibliotecas y  
Recursos del Aprendizaje

UNIDAD DE PROCESOS TÉCNICOS Y ANÁLISIS BIBLIOGRÁFICO Y  
DOCUMENTAL

REVISIÓN DE NORMAS TÉCNICAS, RESUMEN Y BIBLIOGRAFÍA

Fecha de entrega: 07 / 08 / 2023

<b>INFORMACIÓN DEL AUTORA (S)</b>
<b>Nombres – Apellidos:</b> Samanta Johanna Berrones Ortiz Henry Omar Caluña Mancero
<b>INFORMACIÓN INSTITUCIONAL</b>
<b>Facultad:</b> Ciencias
<b>Carrera:</b> Ingeniería Ambiental
<b>Título a optar:</b> Ingeniero Ambiental
<b>f. Analista de Biblioteca responsable:</b> Ing. Rafael Inty Salto Hidalgo

1482-DBRA-UPT-2023

