



González, Stella Maris

Yodo en las aguas del Alto Valle del río Negro : interpretación ambiental



Esta obra está bajo una Licencia Creative Commons Argentina.
Atribución - No Comercial - Sin Obra Derivada 2.5
<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/2.5/ar/>

Documento descargado de RIDAA-UNQ Repositorio Institucional Digital de Acceso Abierto de la Universidad Nacional de Quilmes de la Universidad Nacional de Quilmes

Cita recomendada:

González, S. M. (2021). *Yodo en las aguas del Alto Valle del río Negro: interpretación ambiental. (Tesis de maestría). Universidad Nacional de Quilmes, Bernal, Argentina. Disponible en RIDAA-UNQ Repositorio Institucional Digital de Acceso Abierto de la Universidad Nacional de Quilmes*
<http://ridaa.unq.edu.ar/handle/20.500.11807/2998>

Puede encontrar éste y otros documentos en: <https://ridaa.unq.edu.ar>

Yodo en las aguas del Alto Valle del río Negro –interpretación ambiental-

TESIS DE MAESTRÍA

Stella Maris González

stellagonzalez65@gmail.com

Resumen

La región del Alto Valle del río Negro ubicada en la provincia de Río Negro, al este de la cordillera de los Andes, se abastece con aguas que provienen de los deshielos por lo que contienen poca cantidad de yodo.

Se efectuó el análisis de la dinámica ambiental del Alto Valle por la ubicación geográfica, clima, latitud, longitud y la determinación de la concentración de yodo en aguas del río Negro, subterránea y de red como así también la variación estacional.

Este estudio tiene como objetivo relevar la concentración de yodo en las aguas en el Alto Valle de Río Negro y relacionarla con la variación de los valores de hormona estimulante de tiroides (TSH) y concentración de yodo urinario (CIU) encontradas en la población de la zona.

La novedad de este trabajo consiste en los valores de concentración de yodo en las aguas del río Negro, subterráneas y red en las cuatro estaciones del año, que hasta la fecha no está disponible, de interés en futuros trabajos de investigación.

El yodo ambiental en las aguas del Alto Valle de Río Negro sugiere una variación estacional que va descendiendo de primavera a invierno coincidentemente con las concentraciones de yodo urinario, tal como se ha publicado en estudios previos las concentraciones de hormona estimulante de tiroides (TSH) aumentan en la población.

La TSH liberada por el lóbulo anterior de la glándula hipófisis (adenohipófisis) actúa sobre la glándula tiroides, induciendo la síntesis de las hormonas tiroideas tiroxina (T4) y triyodotironina (T3). Para ello se necesita disponer de yodo en el organismo para el proceso de síntesis hormonal.

Esta investigación podrá aportar al conocimiento de valores de referencia como punto de partida para esclarecer la influencia del ambiente en el metabolismo del yodo en las personas que habitan en la región; como así también la asociación entre la variación estacional de los valores de TSH, los valores de CIU y los factores ambientales.

Abstract

The region of the Alto Valle del Río Negro located in the province of Río Negro, east of the Andes mountain range, is supplied with water that comes from the thaw, which is why it contains a small amount of iodine.

An analysis was made of the environmental dynamics of the Alto Valle due to the geographical location, climate, latitude, longitude and the determination of the iodine concentration in the Black River, underground and network waters, as well as the seasonal variation.

The objective of this study is to determine the concentration of iodine in the waters of the Upper Rio Negro Valley and to relate it to the variation of the serum values of thyroid stimulating hormone (TSH) and urinary iodine concentration.

The novelty of this work consists of the iodine concentration values in the Negro river, underground and network waters in the four seasons of the year, which to date is not available, of interest in future research works.

The environmental iodine in the waters of the Upper Rio Negro Valley suggests a seasonal variation that decreases from spring to winter coinciding with the urinary iodine concentrations, as has been published in previous studies, the concentrations of thyroid stimulating hormone (TSH) increase in the population.

The TSH released by the anterior lobe of the pituitary gland (adenohypophysis) acts on the thyroid gland, inducing the synthesis of the thyroid hormones thyroxine (T4) and triiodothyronine (T3). For this, it is necessary to have iodine in the body for the process of hormonal synthesis.

This research may contribute to the knowledge of reference values as a starting point to clarify the influence of the environment on the metabolism of iodine in the people who live in the region; as well as the association between the seasonal variation of TSH values, CIU values and environmental factors.

Directora: Dra. Susana Sánchez

Codirector: Dr. Jorge Trelles

Cuando el navegante comienza el viaje, prepara su barco, estudia su ruta, planea su itinerario y zarpa; no puede hacer nada más.

No puede saber qué tormentas lo azotarán ni si ha de regresar, pero zarpa...”

Edward Rutherford

AGRADECIMIENTOS Y DEDICATORIAS

AGRADECIMIENTOS

Gracias a todas y cada una de las personas que estuvieron cerca a lo largo del camino recorrido hasta lograr que la tesis llegue a su fin.

En primer lugar, le doy las gracias a mi directora Dra. Susana Sánchez por acompañarme en el proceso de investigación, dándome sus sugerencias y la libertad para realizar el trabajo final.

A mi Codirector Dr. Jorge Trelles por aceptarme como tesista sin conocerme y donarme su tiempo para lograr que el plan de trabajo viera la luz.

Como olvidarme de agradecer a Rossana Bruera con quién compartí largas charlas buscando respuestas a los inconvenientes que se nos presentaban durante el trabajo de muestreo de las aguas del Alto Valle.

El agradecimiento a cada una de los integrantes del equipo de investigación por sus opiniones y sugerencias que sin duda sumaron al trabajo.

De más está decir que sin la colaboración de las personas que ofrecieron sus chacras o casas para realizar el muestreo de agua no habría sido posible el trabajo de campo, ellos son: Familia Bruera de Cipolletti, Petrobras y Chacra de Martínez de Allen, Chacra Palmieri de Roca, Familia Fica y Ferrari-Monasterio de Villa Regina.

A la Teacher Andrea Bugna, Ing. Esteban Rial, Ing. Verónica Boltzhauser e Ing. Alfredo Palmieri les agradezco haber compartido sus conocimientos en algún momento del recorrido.

Y a mi familia les agradezco infinitamente por haberme dejado el espacio, restándoles tiempo compartido, para seguir formándome como profesional.

DEDICADA....

A mi padre por iluminarme el camino día a día desde alguna estrella y a mi madre por estar siempre brindándome su apoyo y amor incondicional.

A mis hermanos Betty, Sandra y Ariel, cuñadas, cuñados, sobrinas, sobrinos, sobrinos nietos y suegro por compartir la alegría de vivir.

A mi hermana del alma, Andrea, y a mis amigas Silvia, Nanci, Marcela, Norita, por transitar juntas la vida.

Y en especial a mi compañero de ruta Ignacio y mis dos soles, Catalina y Julieta, por darme el amor, la confianza y la energía necesaria para emprender nuevos desafíos.

INDICE DE CONTENIDOS

INTRODUCCIÓN	18
YODO EN LAS AGUAS DEL ALTO VALLE DEL RÍO NEGRO.....	19
CAPÍTULO I:PROBLEMA, HIPÓTESIS Y OBJETIVOS	22
1.- PLANTEO DEL PROBLEMA, HIPÓTESIS Y OBJETIVOS	23
1.1.- ANTECEDENTES.....	23
1.2.- PLANTEO DEL PROBLEMA	24
1.3.- GEORREFERENCIACIÓN	25
1.4.- ENFOQUE CONCEPTUAL ACERCA DEL PROBLEMA.....	27
1.5.- PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN	27
1.6.- HIPÓTESIS.....	27
1.7.- OBJETIVOS	28
• OBJETIVO GENERAL	28
• OBJETIVOS ESPECÍFICOS	28
CAPÍTULO II: FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA	29
2.- YODO EN LA NATURALEZA	30
2.1.- YODO	30
2.1.1. - CARACTERÍSTICAS DEL YODO COMO ELEMENTO	30
2.1.2.-CICLO BIOGEOQUÍMICO DEL YODO EN EL AMBIENTE.....	30
2.1.2.1.- Yodo en la atmósfera.....	31
2.1.2.2.- Yodo en la tierra	32
2.1.2.3.- Yodo en el agua	32
2.2. EL YODO EN LOS SISTEMAS BIOLÓGICOS.....	33
2.2.1. FUNCIÓN BIOLÓGICA DEL YODO.....	33
2.2.2.- YODO COMO NUTRIENTE ESENCIAL	34
2.2.2.1.- Trastornos por carencia de Yodo	35
2.2.2.2-Trastornos por exceso de yodo	35
2.2.3.- INDICADORES DE DIAGNÓSTICO Y MONITOREO DE LA GLÁNDULA TIROIDES.....	37
2.2.3.1.- Medición TSH	37
2.2.3.2.- Medición de concentración de Yodo Urinario	37
2.3.-FACTORES QUE DETERMINAN LA DISPONIBILIDAD DEL YODO.....	38

2.4.- MEDIO AMBIENTE Y ALTO VALLE DEL RIO NEGRO	38
2.4.1.- MEDIO AMBIENTE	38
2.4.2.-EL ALTO VALLE DEL RÍO NEGRO.....	39
2.4.2.1.- Clima	40
2.4.2.1.1.- Estaciones del año.....	40
2.4.2.1.2.-Temperatura.....	41
2.4.2.1.3.-Vientos	41
2.4.2.2.- Recurso hídrico.....	41
2.4.2.2.1.- Cuenca del Río Negro	41
2.4.2.2.1.1.-Precipitaciones	42
2.4.2.2.1.2.-El río Negro	43
2.4.2.2.1.3.-Agua Subterránea	44
2.4.2.2.1.4.-Agua corriente de red	45
2.4.3.-SUELO	45
CAPÍTULO III:HIPÓTESIS VARIABLES E INDICADORES.....	46
3.- HIPÓTESIS Y VARIABLES	47
3.1.-HIPOTÉSIS GENERAL.....	47
3.2.-DIAGRAMA DE VARIABLES	47
3.3.-OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES.	48
CAPÍTULO IV:MATERIALES Y MÉTODOS.....	49
4.-MATERIALES Y MÉTODOS DE INVESTIGACIÓN	50
4.1.-METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN.....	50
4.2.-TIPO DE ESTUDIO.....	50
4.3.-ÁMBITO DEL ESTUDIO	51
4.4.-MUESTREO	51
4.4.1.-LUGARES DE MUESTREO	51
4.4.2.-TIPO DE AGUA DE MUESTREO.....	52
4.4.3.-FRECUENCIA DE MUESTREO.....	52
4.4.4.-CRITERIO DE SELECCIÓN DE LOS PUNTOS DE MUESTREO	53
4.4.4.1.-Muestreo sobre el río Negro	53
4.4.4.2.- Muestreo de agua subterránea y de red.....	53
4.4.5. -CARACTERÍSTICAS DE LA MUESTRA Y ENVASE.....	53

4.5.-TRABAJO DE CAMPO	54
4.6.-MATERIALES Y MÉTODOS.....	61
4.6.1.-ESTACIONES DEL AÑO.....	61
4.6.1.1.-Temperatura Urbana.....	61
4.6.1.2.-Temperatura Rural.....	61
4.6.1.3.-Amplitud Térmica.....	62
4.6.1.4.-Salida y Puesta del sol.....	62
4.6.1.5.-Cantidad de horas de luz	62
4.6.2.-CUENCA DEL RÍO NEGRO	62
4.6.2.1.-Precipitaciones	62
4.6.2.2.-Caudal del río Negro	62
4.6.2.3.-Temperatura del Agua	62
4.6.2.4.-pH del Agua. Potencial de Hidrógeno.....	63
4.6.2.5.-Yodo en Agua	63
CAPÍTULO V:ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS	65
5.- RESULTADOS	66
5.1.-TRATAMIENTO DE LOS RESULTADOS	66
5.2.-ESTACIONES DEL AÑO.....	66
5.2.1.-TEMPERATURA ATMOSFÉRICA	66
5.2.1.1.- Temperatura Urbana.....	67
5.2.1.2.-Temperatura Rural.....	68
5.2.1.3.-Amplitud Térmica.....	69
5.2.2.1-Salida y puesta del sol.....	70
5.2.2.2.-Cantidad de horas de luz	71
5.2.2.3.-Relación entre temperatura rural, temperatura urbana, amplitud térmica y horas de luz.	72
5.2.2.-LA CUENCA DEL RÍO NEGRO.....	73
5.2.2.1.-Precipitaciones	73
5.2.2.2.-El río Negro	74
5.2.2.2.1.-Caudal del río Negro	74
5.2.2.2.2.-Temperatura del agua del río Negro.....	75
5.2.2.2.3.-pH del agua del río Negro	76

5.2.2.2.4.- Yodo en agua del río Negro	77
5.2.2.2.5.-Comparación entre la concentración de Yodo, temperatura del agua y pH del agua del río Negro por estaciones del año en el Alto Valle.	78
5.2.2.2.6.-Comparación entre concentración de Yodo en agua del río Negro y horas de luz por estaciones del año en el Alto Valle.	78
5.2.2.3.-Agua de red	79
5.2.2.3.1.-Temperatura del agua de red	79
5.2.2.3.2.-pH del agua de red	81
5.2.2.3.3.-Yodo en agua de red	82
5.2.2.3.4.-Relación entre concentración Yodo, temperatura del agua y pH en agua de red por estación del año en el Alto Valle del río Negro.	83
5.2.2.3.5.-Comparación entre Concentración de Yodo en agua de río y en agua de red por estación del año en el Alto Valle de Río Negro.	83
5.2.2.4.-Agua Subterránea	84
5.2.2.4.1.-Temperatura del agua subterránea	84
5.2.2.4.2.-pH del agua subterránea.....	86
5.2.2.4.3.-Yodo en agua subterránea.....	87
5.2.2.4.4.-Relación entre Yodo, temperatura y pH en agua subterránea por estación del año en el Alto Valle de Río Negro	88
5.2.2.4.5.-Comparación de las concentraciones de Yodo en agua subterránea con el agua del río Negro por estaciones del año en el Alto Valle de Río Negro.	88
5.2.2.4.6.-Comparación entre las concentraciones de Yodo en agua del río Negro, agua subterránea y de red por estación del año en el Alto Valle de Río Negro por estación del año	90
5.2.2.5.1.- Variación de TSH en una muestra poblacional por estación del año en el Alto Valle de Río Negro.....	91
5.2.2.5.2.- Relación entre concentración de yodo en agua del río Negro y log TSH de una muestra poblacional por estación del año en el Alto Valle de Río Negro.....	92
5.2.2.5.3.-Relación entre concentración de yodo en agua de subterránea y log TSH en una muestra poblacional por estación del año en el Alto Valle	

de Río Negro.....	93
5.2.2.5.4.-Variación estacional de la concentración de yodo en las aguas del río Negro en relación con CIU en una población en el Alto Valle	94
5.3.-DISCUSIÓN DE RESULTADOS	95
CONCLUSIONES.....	100
BIBLIOGRAFIA	102
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	103

INDICE DE FIGURAS

Figura 1.1. Alto Valle del Río Negro	26
Figura 2.1. Ciclo global del yodo	31
Figura 2.2. Esquema de la glándula tiroides	33
Figura 2.3. Mapa mundial del estado nutricional de yodo en 2014.	36
Figura 2.4. Imagen satelital del Alto Valle del río Negro.	39
Figura 2.5. Imagen satelital de la Cuenca del Río Negro.....	42
Figura 2.6. Imagen del río Negro	43
Figura 4.1. Croquis de la zona del Alto Valle con las ciudades muestreadas	51
Figura 4.2. Imagen del envase utilizado.....	54
Figura 4.3. Ubicación de la Estación Cipolletti Río₁ Neuquén.	55
Figura 4.4. Ubicación de la Estación Cipolletti Sub₁ y Red₁.....	55
Figura 4.5. Ubicación de la Estación Allen Río₂.....	56
Figura 4.6. Ubicación de la Estación Allen Sub₂.....	57
Figura 4.7. Ubicación de la Estación Allen Red₂.....	57
Figura 4.8. Ubicación de la Estación G. Roca Río₃	58
Figura 4.9. Ubicación de la Estación G. Roca Sub₃ y Red₃.....	59
Figura 4.10. Ubicación de la Estación Villa Regina Río₄.....	60
Figura 4.11. Ubicación de la Estación Villa Regina Sub₄.....	60
Figura 4.12. Ubicación de la Estación Villa Regina Red₄.....	61
Figura 5.1. Variación de temperatura urbana en función de las estaciones del año.....	67
Figura 5.2. Variación de la temperatura rural en función de las estaciones del año.....	68
Figura 5.3. Variación de Amplitud Térmica Urbana.....	69
Figura 5.4. Variación de Amplitud Térmica Rural.....	69
Figura 5.5. Comparación de las Amplitudes Térmicas	70
Figura 5.6. Variación de salida y puesta del sol en función de las estaciones del año.....	71
Figura 5.7. Variación de horas de luz en función de las estaciones del año.....	71
Figura 5.8. Variación de parámetros por estaciones del año	73

Figura 5.9. Variación de precipitaciones en función de las estaciones del año.....	73
Figura 5.10. Variación del caudal del río Negro en función de las estaciones del año	74
Figura 5.11. Variación de la temperatura del río Negro por estación del año	75
Figura 5.12. Variación de pH promedio del agua de río Negro por estación del año.....	76
Figura 5.13. Variación de concentración de Yodo promedio en agua de río Negro	77
Figura 5.14. Comparación entre concentración de Yodo en agua.....	79
Figura 5.15. Variación de Temperatura promedio de agua de red por estación del año.....	80
Figura 5.16. Variación de pH promedio de agua de red por estación del año.....	81
Figura 5.17. Variación de Concentración de Yodo promedio en agua de red por estación del año.....	82
Figura 5.18. Comparación entre concentración de Yodo en agua de río y en agua de red por estación del año.....	84
Figura 5.19. Temperatura promedio del agua Subterránea por estación del año...	85
Figura 5.20. pH promedio de agua subterránea por estación del año.....	86
Figura 5.21. Concentración de Yodo promedio en agua subterránea por estación del año.....	87
Figura 5.22. Comparación de la concentración de Yodo en agua subterránea.....	89
Figura 5.23. Comparaciones entre las concentraciones de Yodo en agua de río, subterránea y de red por estación del año.....	90
Figura 5.24. Variación de TSH por estación de año.....	91
Figura 5.25. Relación entre concentración de yodo en agua del río Negro	92
Figura 5.26. Relación entre la concentración de yodo en agua subterránea.....	93
Figura 5.27. Relación entre la concentración de yodo en agua del río Negro con CIU por estación del año.....	93

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2.1. Ingesta diaria recomendada de yodo	35
Tabla 2.2. Valores de Referencia para TSH, T3 y T4.	37
Tabla 2.3. Mediana de Yodo Urinario	38
Tabla 3.1. Variables dependientes e independientes	47
Tabla 4.1. Estaciones de muestreo	52
Tabla 4.2. Estaciones de muestreo y los tipos de agua	52
Tabla 4.3. Estación 1. Cipolletti identificación y ubicación de los puntos de muestreo	54
Tabla 4.4. Estación 2. Allen identificación y ubicación de los puntos de muestreo	56
Tabla 4.5. Estación 3. G. Roca identificación y ubicación de los puntos de muestreo	58
Tabla 4.6. Estación 4. Villa Regina identificación y ubicación de los puntos de muestreo	59
Tabla 5.1. Temperatura urbana en función de las estaciones del año.....	67
Tabla 5.2. Temperatura rural en función de las estaciones del año	68
Tabla 5.3. Amplitud térmica de las temperaturas de la zona urbana y rural	69
Tabla 5.4. Variación de salida y puesta del sol en función de estaciones del año	70
Tabla 5.5. Variación de horas de luz en función de estaciones del año	71
Tabla 5.6. Variación de parámetros en las estaciones del año.....	72
Tabla 5.7. Variación de precipitaciones en función de las estaciones del año	73
Tabla 5.8. Variación del caudal del río Negro en función de estación del año	74
Tabla 5.9. Estaciones de muestreo en el Alto Valle del río Negro	75
Tabla 5.10. Temperatura del agua del río Negro por estación del año	75
Tabla 5.11. Temperatura promedio del agua del río Negro por estación del año ..	75
Tabla 5.12. Variación de pH del agua del río Negro en función de las estaciones del año.....	76
Tabla 5.13. Variación de pH promedio de agua de río Negro en función de las estaciones del año.....	76

Tabla 5.14. Variación de concentración de Yodo en agua de río Negro por estación del año.....	77
Tabla 5.15. Variación de concentración de Yodo promedio en agua de río Negro por estación del año	77
Tabla 5.16. Comparación entre parámetros de calidad del agua del río Negro en función de las estaciones del año	78
Tabla 5.17. Comparación entre concentración de Yodo en agua de río Negro y horas de luz por estación del año.....	78
Tabla 5.18. Estaciones de muestreo	79
Tabla 5.19. Variación de Temperatura del agua de red en función de las estaciones del año.....	80
Tabla 5.20. Variación de Temperatura Promedio del agua de red en función de las estaciones del año	80
Tabla 5.21. Variación de pH de agua de red en función de las estaciones del año.....	81
Tabla 5.22. Variación de pH promedio de agua de red en función de las estaciones del año.....	81
Tabla 5.23. Variación de concentración de Yodo en agua de red por estación del año.....	82
Tabla 5.24. Variación de concentración de Yodo en agua de red por estación del año.....	82
Tabla 5.25. Comparación de parámetros de calidad en agua de red por estación del año.....	83
Tabla 5.26. Comparación entre concentración de Yodo en agua de río y en agua de red por estación del año	83
Tabla 5.27. Estaciones de muestreo en el Alto Valle del río Negro	84
Tabla 5.28. Temperatura del agua subterránea por estación del año.....	85
Tabla 5.29. Temperatura promedio del agua subterránea por estación del año ...	85
Tabla 5.30. Variación de pH en agua subterránea por estación del año.....	86
Tabla 5.31. Variación de pH promedio de agua subterránea por estación del año.....	86

Tabla 5.32. Variación de concentración de Yodo en agua subterránea por estación del año.....	87
Tabla 5.33. Variación de concentración de Yodo Promedio en el agua subterránea por estación del año.....	87
Tabla 5.34. Relación entre parámetros de calidad en agua subterránea por estación del año.....	88
Tabla 5.35. Comparación de la concentración de Yodo en agua subterránea con el agua del río Negro por estaciones del año.....	88
Tabla 5.36. Comparaciones entre las concentraciones de Yodo en agua subterránea, de río y de red por estación del año	90
Tabla 5.37. Variación de log TSH por estación del año	91
Tabla 5.38. Concentración de yodo en agua del río Negro y TSH por estación del año en el Alto Valle de Río Negro	92
Tabla 5.39. Concentración de yodo en agua subterránea y log TSH por estación del año en el Alto Valle de Río Negro	93
Tabla 5.40. Concentración de yodo en agua de río Negro en relación con CIU por estación del año	94

LISTA DE ABREVIATURAS

AIC:	Autoridad Interjurisdiccional de Cuencas
CIU:	Concentración de Yodo Urinaria
DDY:	Desórdenes por Deficiencia de Yodo
EM:	Estación Meteorológica
FaCiMed:	Facultad de Ciencias Médicas
FUNBAPA:	Fundación Barrera Zoofitosanitaria Patagónica
ICCIDD	Consejo Internacional para el Control de Desórdenes por Deficiencia
IGN:	Red Global de Yodo
EEA INTA:	Estación Experimental Agrometeorológica Instituto Nacional de Tecnología Agrícola.
m/s:	metro por segundo
mg/L:	miligramos por Litro
µg/L:	micro gramos por Litro
µUI/ml:	micro Unidades Internacionales por mililitro
mm:	milímetro
OMS:	Organización Mundial de la Salud
SP:	Salud Pública
snm:	sobre el nivel del mar
TSH:	Hormona Estimulante de Tiroides
T₃:	Triyodotironina
T₄:	Tetrayodotirosina o tiroxina
UNCo:	Universidad Nacional del Comahue
µg /Kg:	microgramos por kilogramo
µg/Kg/día:	microgramos por kilogramo de peso por día

INTRODUCCIÓN

Yodo en las aguas del Alto Valle del río Negro

En esta investigación "Yodo en las aguas del Alto Valle del río Negro" el lector tendrá la oportunidad de interiorizarse sobre la asociación entre la dinámica ambiental y la influencia en la salud.

El ambiente ejerce sobre la salud de las personas, estímulos y acciones que son multifactoriales. El conocimiento de valores de referencia de concentración de yodo en las aguas de la cuenca del río Negro, puede generar estrategias para analizar el impacto del yodo ambiental sobre las patologías, de la glándula tiroides, de los habitantes del Alto Valle de Río Negro.

La glándula tiroides produce 2 hormonas relacionadas, tiroxina (T_4) y triyodotironina (T_3). Al actuar por medio de receptores nucleares, que están presentes en la totalidad de las células humanas, éstas hormonas desempeñan una función de fundamental importancia en la diferenciación celular durante el desarrollo y ayudan a conservar la homeostasis termogénica y metabólica en el adulto (Jameson, J y col.; 2008).

La glándula tiroides es el tejido que mayor concentración de yodo presenta en el organismo, tanto el déficit como el exceso afecta el normal desempeño, alterando tanto la estructura como la función (Sharma, R. y col.; 2014).

El agua del río cumple un papel fundamental en la región como el principal nexo entre la zona urbana y rural, los recursos naturales, sus habitantes y su organización sociocultural.

Este trabajo se compone de una introducción, un desarrollo organizado en capítulos, la conclusión y la bibliografía utilizada.

En el capítulo I se define el problema a partir de antecedentes que indican el grado de nutrición de yodo y la endemia observada que podría ser atribuida entre otras causas, a factores ambientales y/o nutricionales que interfieran con el metabolismo tiroideo.

En este estudio se determinó el contenido de yodo en el río Negro, en agua subterránea y de red, con el objetivo de relevar datos que hasta la fecha no está disponible, mediante el análisis de la ubicación geográfica, factores ambientales

(agua, suelo, clima, altitud y latitud), concentración de yodo urinario (CIU) y valores de TSH encontrados en las diferentes estaciones del año.

El capítulo 2 se compone de los fundamentos teóricos aportados por diferentes autores que describen el papel del yodo en la naturaleza, su estructura atómica y reactividad como propiedades fundamentales.

Se describe el ciclo geoquímico del elemento y su distribución ambiental, en la atmósfera, tierra y agua.

Se trata el yodo como micronutriente esencial para el funcionamiento de la glándula tiroides y las disfunciones por exceso o carencia de este elemento. También se hace referencia a los métodos de determinación de dicha hormona y concentración de yodo urinario.

Se detalla el ámbito de estudio, el Alto Valle de Río Negro, como así también las características del agua de río, subterránea y red. También se explican los factores ambientales tales como clima, temperatura, viento y precipitaciones.

En el capítulo 3 se hace una matriz de consistencia en la que se relacionan el problema y la hipótesis con los objetivos. Se detallan las variables dependientes e independientes con sus indicadores. De este modo, se podrá visualizar en forma resumida la operacionalidad de las variables.

El capítulo 4 comprende la descripción de la investigación, el tipo de estudio, las determinaciones realizadas, el trabajo de campo, los puntos de muestreo, las técnicas utilizadas para el muestreo y para la determinación de indicadores.

El enfoque del estudio fue prospectivo, longitudinal y descriptivo; dado que consistió en la determinación de concentración de yodo, temperatura del agua, pH y el análisis de la posible relación de estos parámetros con los niveles de TSH y CIU en la población del Alto Valle de Río Negro en primavera, verano, otoño e invierno en un periodo de un (1) año; de noviembre del 2013 a octubre de 2014.

Asimismo, se detalla el ámbito de estudio, el Alto Valle, su ubicación geográfica, latitud y altitud y los lugares de muestreo de agua en el río Negro, subterránea y red.

Se describen los materiales y métodos utilizados para la determinación de concentración de yodo, temperatura del agua y pH en aguas de río, subterránea y de

red en las cuatro estaciones del año, haciendo un relevamiento desde la naciente del río Negro hasta la ciudad de Villa Regina recorriendo 100 km.

En el capítulo 5 se presentan los resultados en tablas y gráficos de las variables e indicadores de estaciones del año, como son temperatura, amplitud térmica, horario de salida y puesta del sol y cantidad de horas de luz.

Así también se presentan las concentraciones de yodo, temperatura y pH del agua de río, subterránea y red en las cuatro estaciones.

En este capítulo se discuten los resultados obtenidos de concentraciones de yodo en las aguas del Alto Valle a la luz de los datos de TSH y CIU, como así también se compara con datos publicados por otros autores.

Finalmente se presentan las conclusiones que cierran esta tesis de maestría.

Capítulo I:

PROBLEMA, HIPÓTESIS Y OBJETIVOS

1.- PLANTEO DEL PROBLEMA, HIPÓTESIS Y OBJETIVOS

1.1.- ANTECEDENTES

En la Asamblea Ordinaria N° 43 de la Organización Mundial de la Salud (OMS), realizada en Ginebra en el año 1990, se reconoce a los desórdenes por deficiencia de yodo como un problema de salud pública relevante y la primera causa de retardo mental a nivel mundial que puede ser prevenida. Es así como, a partir del año 1983, se establece el uso del término Desórdenes por Deficiencia de Yodo (DDY), (Pretell, E.;1999), para hacer referencia al conjunto de patologías ocasionadas por la deficiencia de este micronutriente.

“La causa más importante del bocio endémico y el cretinismo es la carencia dietética de yodo. Los niveles de yodo en el suelo varían de un lugar a otro y esto determina la cantidad de yodo presente en los alimentos que se cultivan en diferentes lugares y en el agua. El suelo filtra el yodo que fluye a las quebradas y ríos y terminan por lo general en el océano. Muchas áreas donde el bocio endémico es o ha sido predominante, son mesetas o áreas de montaña o tierras planas lejos del mar”. (Latham, M.; 2002).

Argentina tiene áreas con carencia de yodo en las provincias cordilleranas extendiéndose de norte a sur y en las provincias del norte y noreste de nuestro país (Pretell, E. y col.; 2009).

Los DDY se localizan en zonas geoecológicas donde se asocian niveles bajos de yodo ambiental y alimentario. Múltiples factores condicionan dicha deficiencia, en especial los de tipo geográfico (zonas alejadas de las costas marinas) y de tipo geológico, cuando son zonas que contienen poco yodo, porque sus suelos son sometidos a un deslave permanente por las lluvias y los vientos, características estas que predominan en las regiones montañosas de los Alpes y los Andes (Salvaneschi, J. y col.; 2009). “ Algunos estudios han permitido demostrar que las personas que viven en comunidades endémicas a la deficiencia de yodo, tienen un coeficiente intelectual más bajo que aquellos que viven en zonas cuyas condiciones geográficas garantizan la presencia del mineral. No obstante, todos estos trastornos pueden prevenirse con una adecuada suplementación de yodo. Existe consenso internacional

en el sentido de que, la yodación universal de la sal es la estrategia más efectiva para enfrentar la deficiencia en la población” (Delange, F.; 2005).

“La principal fuente de yodo son los alimentos de origen marino como el pescado, mariscos y algas entre otros. Aunque el aporte de yodo es más elevado en carnes y leche que en los cereales, verduras y hortalizas, siguen siendo insuficientes para satisfacer las necesidades fisiológicas del micronutriente. Es por esto que la yodación universal de la sal de mesa aparece como la estrategia más efectiva para lograr enfrentar la deficiencia de yodo en la población. El advenimiento de las enfermedades cardiovasculares ha generado al presente que, en la prevención de hipertensión arterial por excesivo consumo de sal, aumentan las campañas para evitar el consumo de sal de mesa ” (Latham, M.; 2002). El control de los niveles de yodo en la sal y en la población resulta crucial para conseguir satisfacer sus necesidades sin excederlas (Pretell, E.; 2014).

La región del Alto Valle del río Negro ubicada en la provincia de Río Negro, al este de la cordillera de los Andes, se abastece con aguas que provienen de los deshielos por lo que contienen poca cantidad de yodo, aunque se posee muy poca información al respecto. En el monitoreo realizado en el Alto Valle de Río Negro, (Salvaneschi, J. y col.; 2009) hallaron una concentración de yodo en muestras de agua de General Conesa y General Roca de 6,8 µg/L. Incolla, J. (1955), menciona en su Carta que, en 9 muestras de agua de la provincia, el contenido de yodo iba de 0 a 11 µg/L.

1.2.- PLANTEO DEL PROBLEMA

En relación a la salud de las personas, estudios realizados en el Alto Valle de Río Negro, (Bertrand, B. y col.; 2004) indican que no existe una endemia bociosa significativa, aunque sí una prevalencia de bocio ligeramente superior a la línea de corte establecida por el Internacional *Council for the Control of Iodine Deficiency Disorders (ICCIDD)*, que ejerce sus funciones como *Iodine Global Network (IGN)* desde el año 2014. Según estos estudios, el grado de nutrición de yodo es apropiado y la endemia observada podría ser atribuida entre otras causas, a factores ambientales y/o nutricionales que interfieran con el metabolismo tiroideo, (Villagrán

De Rosso, E. y col.; 2013), en un trabajo presentado en el Congreso Argentino de Endocrinología y Metabolismo en el año 2011, evaluaron retrospectivamente 1393 pacientes sanos residentes en el Alto Valle y encontrando variaciones significativas en los valores de hormona estimulante de tiroides (TSH), con un pico máximo al comienzo del otoño-invierno y un pico mínimo en primavera-verano.

Los resultados de variación estacional encontrados podrían revelar la adaptación del organismo para afrontar cambios de condiciones ambientales y también cambios en el ambiente que contribuyan a tales modificaciones entre las personas que habitan en áreas rurales o urbanas.

Surge, por tanto, la necesidad de analizar factores ambientales que pueden estar relacionados a aquellos derivados de la actividad frutihortícola, a la concentración de minerales en el agua, a cambios relacionados al fotoperiodo (Ahlersová, E y col.; 1997) o a la temperatura, (Ladenson, P. y col.; 2000) entre los más relevantes. Es de destacar, que en un abordaje integral de la salud es de gran importancia el análisis de la influencia del ambiente.

Este trabajo de investigación, permitirá determinar niveles de yodo en agua en diferentes zonas del Alto Valle de Río Negro en las diferentes épocas del año y relacionarlo con los niveles de concentración de yodo urinarios (CIU) y las variaciones de TSH encontradas en las diferentes estaciones.

En este estudio se determinarán los contenidos de yodo en agua del río Negro, subterránea y de red, con el objetivo de relevar los datos y realizar la relación con la salud de la población. A través de la comparación entre la ubicación geográfica, factores ambientales (agua, clima, altitud y latitud) se podrá arribar a una relación entre el aporte de yodo proveniente del agua de consumo en diferentes épocas del año.

1.3.- GEORREFERENCIACIÓN

Este trabajo se realizó en el Alto Valle de Río Negro ubicado a 39°.95 Sur / 68°.40 Oeste a 38°.38 Sur / 66°.49 Oeste, con una altitud de 242 msnm, al noroeste de la provincia de Río Negro.

La zona geográfica seleccionada comprende desde la ciudad de Cipolletti ubicada en la naciente del río Negro, Allen, Fernández Oro, General Roca y Villa Regina ubicadas en la margen norte del río Negro. Todas ellas se encuentran rodeadas de zonas de chacras, donde se produce mayoritariamente frutas de pepita y carozo. Este oasis, abarca una superficie aproximada de 75.000 hectáreas que se caracteriza por una marcada especialización en el uso del suelo, dedicado al cultivo intensivo de peras y manzanas (Escala, A.; 2011).

El estudio se realizó por un periodo de un (1) año, abarcando las cuatro estaciones del año, primavera, verano, otoño e invierno.

Se efectuaron muestreos de las aguas del río Negro, de red y subterráneas de las localidades de Cipolletti hasta Villa Regina, haciendo un recorrido de cien (100) kilómetros.



Figura 1.1. Alto Valle del Río Negro
Fuente: Google Earth

1.4.- ENFOQUE CONCEPTUAL ACERCA DEL PROBLEMA

El ambiente ejerce sobre la salud personas, estímulos y acciones que son multifactoriales. El conocimiento de valores de referencia puede generar estrategias para el análisis del impacto de la variación de estos factores ambientales como la concentración de yodo en las aguas en el Alto Valle del río Negro.

Los micronutrientes aportados por la dieta juegan un papel fundamental en la función tiroidea, siendo el yodo la piedra angular en la síntesis de hormonas tiroideas. La glándula tiroides es el tejido que mayor concentración de yodo presenta el organismo, tanto el déficit como el exceso afectan el normal desempeño de la glándula tiroides, alterando tanto la estructura como la función (Sharma, R. y otros, 2014).

Por esto, es de manifiesta importancia efectuar acciones de prevención y monitoreo ambientales que permitan generar medidas para la promoción de la salud.

Villagrán De Rosso (2013) publicó un trabajo realizado en la zona del Alto Valle de Río Negro, sobre los efectos del fotoperiodo y la temperatura ambiental en los niveles plasmáticos de hormonas tiroideas. En dicho estudio, los niveles de TSH mostraron una variación significativa estacional con picos mínimos en primavera y verano y máximos en otoño e invierno.

1.5.- PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN

¿Existe variación estacional en la concentración de yodo en aguas del Alto Valle de Río Negro que muestre relación con los valores de hormona estimulante de tiroides y concentración de yodo urinario?

1.6.- HIPÓTESIS

La variación estacional en la concentración de yodo en aguas del Alto Valle de Río Negro muestra relación con los valores de hormona estimulante de tiroides y concentración de yodo urinario.

1.7.- OBJETIVOS

Objetivo general

Determinar la concentración de yodo en aguas en el Alto Valle de Río Negro en diferentes estaciones del año y relacionarla con los valores de hormona estimulante de tiroides y concentración de yodo urinario.

Objetivos específicos

- Realizar un relevamiento de los parámetros ambientales que caracterizan las estaciones del año en el Alto Valle.
- Determinar la concentración de yodo en agua de río, subterránea y de red en distintos puntos del Alto Valle de Río Negro, en el periodo de un año.
- Registrar temperatura, pH, caudal del río Negro.
- Comparar la concentración de yodo en agua en diferentes estaciones del año, en el Alto Valle de Río Negro.
- Relacionar la concentración de yodo en agua y los valores de TSH encontrados en la población del Alto Valle de Río Negro, en distintas estaciones del año.
- Relacionar concentración de yodo en agua con la concentración de yodo urinario encontrada en la población del Alto Valle de Río Negro, en distintas estaciones del año.

Capítulo II:
FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

2.- YODO EN LA NATURALEZA

2.1.- YODO

2.1.1. - Características del yodo como elemento

El yodo, fue descubierto por Courtois en 1811, se clasifica en el grupo VII A de la tabla periódica como halógeno. Posee un número atómico de 53, una masa atómica de 126.9, su único isótopo natural es el ^{127}I y 0.3 g/L es su solubilidad en agua.

El átomo de yodo cuenta con 7 electrones en su último nivel energético, cuya configuración electrónica es $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^5 4s^2 4d^{10} 5p^5$, de los cuales uno está desapareado. Esta característica lo hace altamente reactivo para combinarse con átomos de otro elemento y completar así una configuración estable de ocho electrones. Tiene una alta electronegatividad que le confiere una gran capacidad para atraer electrones. Dependiendo de su estado de óxido-reducción (-1, +1, 0, +3, +5 ó +7), el yodo puede presentar diversas formas químicas. Las especies de yodo a pH 8.2 en agua son el yoduro (I^-), yodo molecular (I_2), ácido hipoyodoso (HIO) y el ión hipoyodito (IO^-) y yodato (IO_3^-). Su único isótopo natural es el ^{127}I . (van Bergeijk, S. y col.; 2004).

En la biosfera marina el yodo se concentra en su mayoría en los organismos vivos, y debido a esta asociación con la materia orgánica, se ha descrito como un elemento biofílico, pero como también migra a aguas naturales y a la atmósfera, se le considera hidrofílico y atmosférico (Fuge, R. y col.;1986). Es el elemento con mayor masa atómica entre los presentes en los seres vivos.

2.1.2.-Ciclo biogeoquímico del yodo en el ambiente

La actuación geoquímica del yodo y su distribución en el ambiente ha sido escasamente estudiada. Desde los años 50 que se empezaron a hacer las primeras investigaciones sobre el yodo en el medio ambiente, se ha evolucionado hacia descripciones más o menos completas del ciclo global del yodo (Fuge, R. y col.; 2015).

Se propone un ciclo relativamente sencillo en el cual los organismos marinos toman y liberan distintas formas orgánicas e inorgánicas de yodo, algunas de las

cuales volatilizan en la atmósfera y reaccionan con gases atmosféricos. Este yodo cae en forma de lluvia a la tierra, donde bacterias y otros organismos lo incorporan para luego liberarlo a la tierra y aguas subterráneas (Crockford, S. ; 2009) (Fig. 2.1).

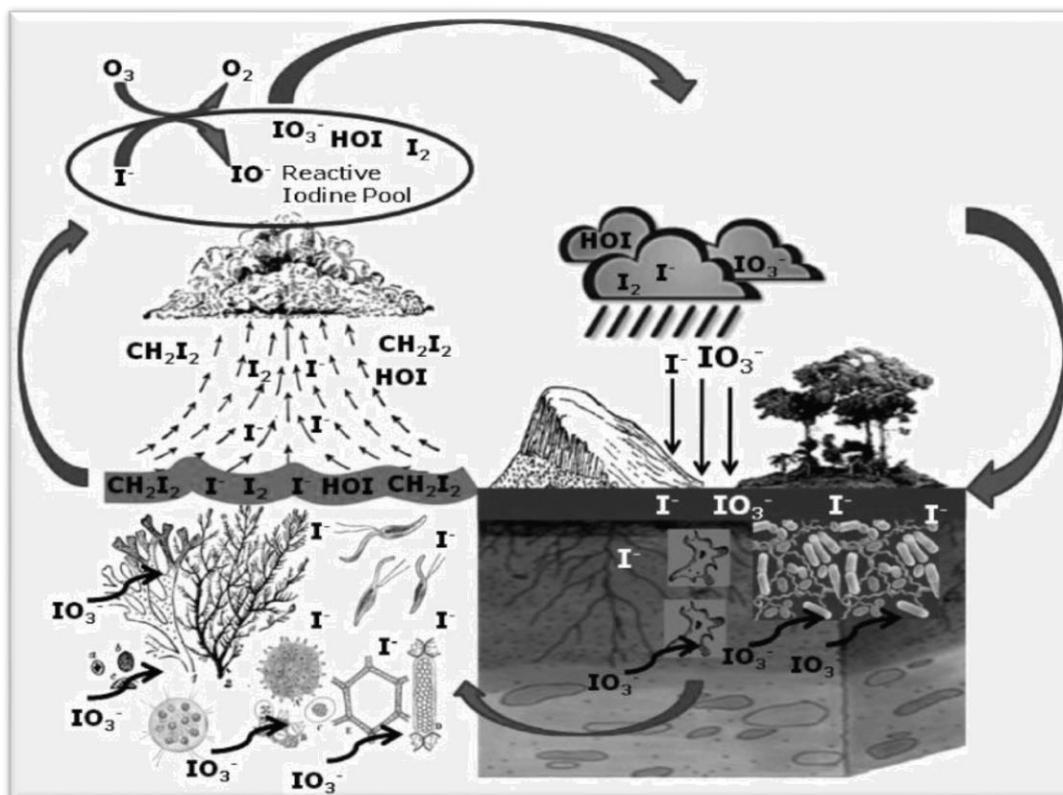


Figura 2.1. Ciclo global del yodo
Fuente: Crockford, 2009.

2.1.2.1.- Yodo en la atmósfera

Gran parte del yodo en la atmósfera marina es de origen biológico, entra en forma de spray o gases como yodo molecular (I_2) y como compuestos orgánicos yodados (Jones, C. y col.; 2010; Saiz-Lopez, A. y col.; 2012). La principal especie es el yoduro de metilo (CH_3I), que reacciona con el oxígeno atmosférico y descompone al ozono (Amachi, S.; 2008).

Mahajan, A. y col. (2012) y Grobmann, K. y col. (2013); sugieren que la principal fuente de yodo en el océano abierto es inorgánica, probablemente yodo molecular (I_2), resultante de la reacción del ozono (O_3) con yoduro (I^-) (Garland, J. y col.; 1981; Carpenter, L y col.; 2013). También, el yoduro al ser oxidado rápidamente por ozono puede producir ácido hipoyodoso (HIO) y yodato (IO_3^-).

La atmósfera antártica está fuertemente enriquecida en oxido de yodo (II) IO (Saiz-Lopez, A. y col.; 2007). Mahajan,A. y col. (2010) también han registrado elevado contenido de IO en la atmósfera ártica. Se sugiere que la fuente de yodo sea la fotólisis del elemento atrapado en los cubos de hielo, que probablemente sea de origen biológico (Saiz-Lopez, A. y col.; 2015).

2.1.2.2.- Yodo en la tierra

El yodo transportado a través de la atmósfera, en fase gaseosa como en aerosol se transfiere a la superficie de la tierra en precipitación húmeda y seca como el mecanismo de transferencia más importante, junto con una proporción de yodo molecular (I₂). (Whitehead, D.;1984; Fuge, R.; 1987; Englund, E. y col.; 2010)

La cantidad de yodo en la tierra presenta un rango de variación entre 0.1 y 150 mg/kg, dependiendo del tipo de tierra (Moreda-Piñeiro, A. y col.; 2011) al parecer la materia orgánica contenida en el suelo es el principal responsable de la retención de yodo en ellos. (Fuge, R. y col.; 2015).

2.1.2.3.- Yodo en el agua

El yodo llega a la superficie del agua por la transferencia producida por la lluvia y el spray en áreas costeras, aunque en áreas del interior únicamente por lluvias. Recopilaciones de la literatura sugieren que para aguas superficiales los valores contienen 20 µg/L, con muchos valores dentro del rango entre 0.5 y 5µg/L. (Whitehead,D.; 1984; Fuge, R. y col; 1986).

Negri, A. y colaboradores (2013), registraron concentraciones de yodo de 1.12 a 27.8 µg/L en aguas de lagos y ríos en la Patagonia, con valores decrecientes de norte a sur. Se ha demostrado que la proximidad al medio marino es importante, cuanto mayor es la cercanía de las localidades a la costa, mayor será la concentración de yodo.

(Fuge, R., 1989 ; Negri, A. y col. 2013) sugieren que la disminución de las concentraciones de yodo en la superficie de las aguas de norte a sur en la Patagonia reflejan una disminución en los rangos de precipitaciones.

Moran, J. y colaboradores (2002) señalan la fuerte influencia de la geología con ríos que drenan áreas de rocas ígneas que tienen bajo contenido de yodo,

mientras que en las áreas de rocas sedimentarias es considerablemente más alto. Además, se ha encontrado que la concentración de yodo es mayor en corrientes que drenan áreas de litologías de carbonato que en aquellas que drenan áreas sin carbonato (Fuge, R 1989; Korobova, 2010).

En general, los datos de la literatura indican que las aguas subterráneas son más enriquecidas en yodo que las aguas superficiales (Whitehead, D.; 1984; Johnson, C.; 2003)

2.2. EL YODO EN LOS SISTEMAS BIOLÓGICOS

2.2.1. Función biológica del yodo

El yodo ha llegado a ser un constituyente esencial para la vida y la atmósfera terrestre durante los últimos 3-4 miles de millones de años. Crockford, (2009) ha propuesto la forma en que varias especies de yodo llegaron a ser volátiles y reaccionar con compuestos orgánicos y a catalizar reacciones bioquímicas.

El yodo está reconocido como microelemento esencial para los organismos superiores. Su deficiencia tiene múltiples efectos adversos sobre el crecimiento y desarrollo debido a la inadecuada producción de hormonas tiroideas. El efecto más común es el daño cerebral (Crockford, S.;2008). Estos problemas derivados de las deficiencias de yodo coinciden con su gradiente de concentración en la tierra, en aumento hacia zonas costeras (Fuge, R.;2007). Aproximadamente un 90% de todo el yodo presente en el organismo humano está retenido en la glándula tiroides (Fig.2.2)

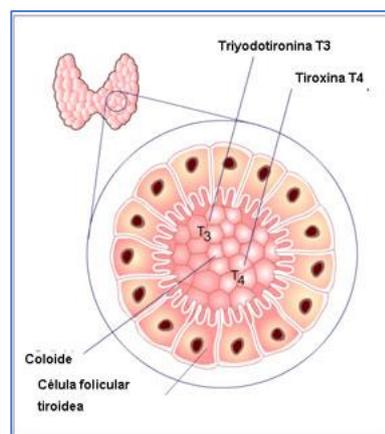


Figura 2.2. Esquema de la glándula tiroides

Fuente: <https://es.slideshare.net/lucianadelgreco/las-hormonas-tiroideas>

El yodo inorgánico ingresa al organismo y pasa a la circulación general para ser captado por la glándula tiroides, donde se oxida y se une a residuos de tirosina de la tiroglobulina, originando restos de monoyodotirosina (MIT), diyodotirosina (DIT), tiroxina o tetrayodotironina (T_4) y triyodotironina (T_3) (Forero-Saldarriaga, S. y col.;2020).

Las hormonas tiroideas (HT) derivan de la Tiroglobulina (Tg). Una vez que la Tg es secretada a la luz del folículo tiroideo se produce la yodación de residuos específicos de tirosina, que luego se acoplan por medio de un enlace éter. La recaptación de Tg al interior de la célula del folículo tiroideo permite su proteólisis, con la liberación de T_4 y T_3 (Jameson,J y col., 2008).

2.2.2.- Yodo como nutriente esencial

El yodo como micronutriente esencial se encuentra en pequeña cantidad en los tejidos corporales. El organismo es incapaz de sintetizarlo, por lo que se requiere su aporte exógeno. La importancia de este elemento en la nutrición humana, se relaciona a su participación en rutas metabólicas específicas e impacta directamente en el desarrollo intelectual de los individuos, el crecimiento físico y con la presencia de patologías relacionadas con la glándula tiroides. (Casanueva, E. y col., 2001).

Cuando el consumo es inadecuado, se producen alteraciones a nivel celular difíciles de detectar a corto plazo, ocasionando carencias o deficiencias estimulando alteraciones, como así también el consumo excesivo de yodo puede provocar transformaciones en el metabolismo. Su deficiencia durante la gestación y en los primeros años de vida produce daño cerebral irreversible y disminución de la capacidad intelectual de los niños, adolescentes y adultos con limitaciones en su rendimiento físico y mental, aumenta el riesgo de abortos en gestantes o niños que nacen con deficiencia física o mental en diferentes grados (Pretell, E., 2017).

Desde la década de los cincuenta organismos internacionales han publicado los requerimientos dietéticos nutricionales mínimos de consumo para prevenir carencia y toxicidad de nutrimentos esenciales, como se observa en la tabla (2.1).

Tabla 2.1. Ingesta diaria recomendada de yodo
Fuente: Forero-Saldarriaga, S. y col. (2020)

Grupo de edades	Ingesta de yodo $\mu\text{g}/\text{día}$
Infantes (<12 años)	90
Niños (1 a 5 años)	90
Escolares (6 a 12 años)	120
Adultos (12 + años)	150
Mujeres gestantes y lactantes	250

2.2.2.1.- Trastornos por carencia de Yodo

La glándula tiroides es incapaz de mantener una adecuada producción hormonal y aparecen trastornos por deficiencia de yodo, con una ingesta de yodo inferior a 50 $\mu\text{g}/\text{día}$ (Brito García, N. y col.; 2012). Aproximadamente un 30% de la población mundial vive en áreas insuficientes de yodo y sufren sus complicaciones.

No todos los sujetos con deficiencia de yodo van a presentar signos clínicos evidentes de dicha carencia, por esto se recomienda una ingesta adecuada en yodo principalmente en la población residente en zonas deficitarias. En los últimos 30 años se han descrito una amplia variedad de efectos nocivos por estados carenciales de este nutriente. Está demostrado que incluso en deficiencias moderadas de yodo, aparecen trastornos neurológicos permanentes en los niños. Con los años estos niños tienen un menor cociente intelectual y mayor incidencia del trastorno por déficit de atención e hiperactividad (Díaz Huertas, J. y col. ,2007).

2.2.2.2-Trastornos por exceso de yodo

Los suplementos ricos en yodo se deben controlar cuidadosamente para asegurar la ingesta adecuada y evitar el exceso. Las fuentes dietéticas que son naturalmente ricas en yodo como las algas marinas en los países asiáticos, como Japón y Corea, especialmente en las zonas costeras o la leche y los productos lácteos pueden ser ricos en yodo y convertirse en un potencial contribuyente al exceso en los países occidentales. Los riesgos involucrados en exceso de yodo, han provocado más preocupaciones que antes, ya que el yodo en exceso es un hecho cada vez más frecuente (Pearce, E.y col. ,2013).

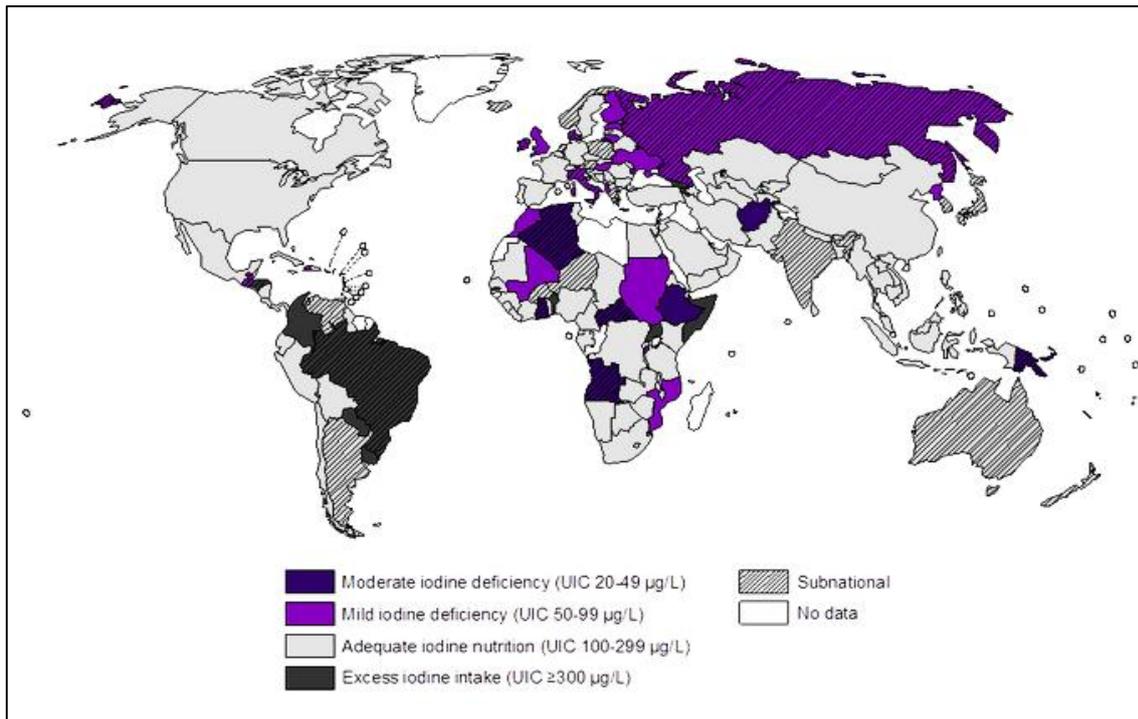


Figura 2.3. Mapa mundial del estado nutricional de yodo en 2014.
Fuente: <http://www.ign.org/index.cfm>

En la figura (2.3), se muestra el mapa mundial y grado de importancia de la nutrición de yodo para la salud pública (SP). Según datos 2011, se puede ver que la ingesta de yodo es adecuada en sesenta y nueve (69) países, más que adecuado en treinta y seis (36), y excesiva en once (11). De los treinta y dos (32) países con carencia de yodo, nueve (9) están clasificados como moderadamente deficiente y veintitrés (23) como ligeramente deficiente.

En general, en los últimos 10 años se han registrado progresos sostenidos en Europa, el Mediterráneo oriental, el sudeste asiático y las regiones del Pacífico occidental, debido en gran parte al fortalecimiento de los programas de yodación de la sal y al mejoramiento de la vigilancia. Sin embargo, ha habido un progreso reciente mínimo en África (Network, I. G., 2015).

Según, la Global Iodine Nutrition Scorecard (2015), Argentina tiene una ingesta de yodo adecuada con 136 µg/L, sin hacer diferencia entre zonas costeras y montañosas.

2.2.3.- Indicadores de diagnóstico y monitoreo de la glándula tiroides

2.2.3.1.- Medición TSH

En 1980 Barrow y más tarde en 1986 y 1998 Delange, comprobaron que la determinación de TSH sirve como marcador de deficiencia de yodo de una población. Desde hace años, se ha generalizado la determinación sistemática de TSH neonatal en sangre.

Dicho método es utilizado como sensible indicador de hipotiroidismo o hipertiroidismo. De acuerdo a la tabla (2.2) un nivel alto de TSH, indica que la glándula tiroides está hipofuncional o lenta, cuando esto sucede el organismo produce mayor cantidad de hormona, para estimular a la glándula a producir la cantidad necesaria (Díaz, R. y col.; 2015).

**Tabla 2.2. Valores de Referencia para TSH, T3 y T4.
Fuente: Barrera, C. y col. (2017)**

Hormona	Valor normal
TSH	0.4 a 4 mIU/L
T ₃	80 a 200 ng/dL
T ₄	4.5 a 11.2 µg/dL

2.2.3.2.- Medición de concentración de Yodo Urinario

La concentración de yodo en orina no brinda información acerca del funcionamiento tiroideo y puede ser variable a lo largo del día, sin embargo, siendo que los valores tienden a equilibrarse entre los diferentes grupos de la población, se valida la medición de la concentración de yodo como valor representativo de un determinado grupo poblacional o de un área geográfica (Pretell, E.,2017; OMS, 2014).

La concentración de yodo urinario es el indicador más útil dado que es muy sensible a los cambios en la ingesta de yodo. La ventaja de esta determinación radica en que refleja en forma directa la ingesta diaria de yodo en un 90% de los casos, valorando los excesos y deficiencias. Los datos son expresados en µg/L, la mediana de yodo urinario en muestras representativas es el método más conveniente y fiable; (OMS ,2007), como muestra la tabla (2.3).

Tabla 2.3. Mediana de Yodo Urinario
Fuente: OMS 2007

Mediana urinaria yodo ($\mu\text{g} / \text{l}$)	Ingesta de yodo	Estado de yodo
<20	Insuficiente	Deficiencia grave
20-49	Insuficiente	Deficiencia moderada
50-99	Insuficiente	Débil deficiencia de yodo
100-199	Adecuado	Nutrición adecuada
200-299	Por encima de los requisitos	Riesgo de hipertiroidismo
≥ 300	Excesivo	Consecuencias adversas

2.3.-FACTORES QUE DETERMINAN LA DISPONIBILIDAD DEL YODO

La baja o nula disponibilidad del yodo se puede deber a factores externos; de aquí la importancia de conocer la zona geográfica, su suelo, el clima, la altitud, las horas de luz, la temperatura ambiental y las fuentes de agua de consumo de la población.

El ambiente ejerce sobre las personas, estímulos y acciones que son multifactoriales, sin embargo, el conocimiento de valores de referencia de concentración de yodo puede generar estrategias para el análisis del impacto de la variación de estos factores ambientales como el agua en el Alto Valle del río Negro. (Fuge, R. y col.; 2015).

A diferencia de otros nutrientes esenciales, el yodo no necesariamente responde al desarrollo socioeconómico, sino al contexto geográfico. El ciclo ecológico incluye su evaporación desde los océanos hacia la atmósfera, y el regreso a la tierra como parte de la lluvia y la nieve, pero este ciclo es lento y variable, y no consigue repletar adecuadamente los suelos y ríos pobres en el mineral (Rohner, F. y col.;2014).

2.4.- MEDIO AMBIENTE Y ALTO VALLE DEL RIO NEGRO

2.4.1.- Medio Ambiente

Gómez Orea (2003), define al Medio Ambiente (MA), como un entorno vital, constituido por los elementos físicos, biológicos, económicos, sociales, culturales y estéticos que interactúan entre sí, con el individuo y con la comunidad en que vive,

determinando la forma, el carácter, el comportamiento y la supervivencia de ambos. El medio ambiente consiste en el conjunto de circunstancias físicas, culturales, económicas y sociales que rodean a las personas ofreciéndoles un conjunto de posibilidades para hacer su vida. Es una descomposición factorial analítica que comprende una serie de elementos o agentes geológicos, climáticos, químicos, biológicos y sociales que rodean a los seres vivos y actúan sobre ellos para bien o para mal condicionando su existencia, su identidad y su desarrollo y más de una vez su extinción, desaparición o consunción.

Como unidad ambiental se puede establecer una estrecha relación entre el agua, los recursos naturales, sus habitantes y su organización sociocultural. En la medida que el uso de las fuentes de agua se fue tornando más intensivo empezaron a aparecer consecuencias de distinta índole que se trasladaron afectando un territorio más amplio que el ocupado por la localización puntual del aprovechamiento. El río es el principal nexo entre las causas y efectos de determinadas acciones que pueden trasladar las consecuencias a la población.

2.4.2.-El Alto Valle del Río Negro



Figura 2.4. Imagen satelital del Alto Valle del río Negro.

Fuente: <https://www.google.com.ar/search>

FOTO+SATELITAL+DEL+ALTO+VALLE+DEL+RIO+NEGRO&rlz

El Alto Valle del río Negro se fue formando a lo largo de millones de años por la acumulación de rocas de origen sedimentario. Primeramente, por la acción erosiva de los ríos se formó en las rocas una zona deprimida, hoy llamado "Valle". Después el río se desplazó hacia el sur ensanchando el valle y llevando hacia esa margen procesos erosivos fluviales, en la margen norte alejada del río la erosión es principalmente eólica y pluvial. Los bordes de roca sedimentaria que forman el límite del valle son llamadas barrancas o "bardas", que se despliegan sobre ambos márgenes del río con alturas que oscilan entre los 50 y 100 m. En la planicie de inundación, que en general se extiende hasta la traza de la ruta 22, encontramos limos fluviales y en el resto, limos eólicos. (Escala, A.; 2011).

2.4.2.1.- Clima

Esta región se caracteriza por poseer escasas precipitaciones dando condiciones semidesérticas. La temperatura máxima absoluta es de 28 a 32 °C, una mínima absoluta de 0 a -4 °C y una temperatura media de 12 a 16 °C., según datos del Servicio Meteorológico Nacional Argentino (SMNA).

Son más abundantes las lluvias otoño-invernales sobre las primavera-verano, fenómeno que evidencia la influencia del Anticiclón del Pacífico. En el ámbito de las planicies terrazadas es mayor la sequedad atmosférica y aumenta la rigurosidad de las heladas.

2.4.2.1.1.- Estaciones del año

Las estaciones del año se pueden diferenciar por las temperaturas diarias y estacionales, como así también por las amplitudes térmicas. Los horarios de salida y puesta del sol, como la cantidad de horas de luz son disimiles entre primavera, verano, otoño e invierno. La amplitud térmica es acentuada en invierno y verano, con valores extremos diarios y estacionales; inviernos fríos y veranos cálidos (González Morinigo, E. y col. ;2014).

2.4.2.1.2.-Temperatura

Las estaciones del año tienen gran diferencia con veranos cálidos cuya temperatura media está entre 22°C y 24°C e inviernos fríos con temperaturas medias que rondan los 5,3°C. Las temperaturas medias anuales van de 14°C a 15°C. Estos valores denotan grandes contrastes de temperaturas estacionales que se presentan también con las temperaturas diarias. Las altas temperaturas estivales provocan, grandes deficiencias hídricas por evapotranspiración (Pulita, A; 2013).

2.4.2.1.3.-Vientos

Los vientos se presentan con direcciones del sector Oeste-Sudoeste, las frecuencias del viento proveniente de los sectores Norte y Sur muestran valores mucho menores debido a la presencia de los bordes de la meseta que actúan como paredes, favoreciendo el flujo de aire dentro del valle, disminuyendo el componente de viento perpendicular al mismo (Cogliati, M y col.;1999).

Según el trabajo de investigación de la Estación Experimental Agro meteorológica del Alto Valle (2015), la intensidad de los vientos medidos a 10 metros posee una velocidad de 5,2 Km/h del sector Oeste-Sudoeste en primavera y 5,8 Km/h en verano con la misma dirección, en otoño tiene menor velocidad con dirección variable y en invierno aun es más baja la intensidad con una velocidad de 4,4 Km/h con una orientación del Oeste-Noroeste.

2.4.2.2.- Recurso hídrico.

2.4.2.2.1.- Cuenca del Río Negro

Las aguas que irrigan el Alto Valle pertenecen a la cuenca del río Negro. La cuenca se define como el área de captación de precipitaciones atmosféricas que, en forma de flujo superficial o subterráneo, escurre hacia el río, como se observa en la figura (2.5).



Figura 2.5. Imagen satelital de la Cuenca del Rio Negro
Fuente. <https://www.google.com.ar/search>.

2.4.2.2.1.1.-Precipitaciones

Las precipitaciones son escasas a lo largo de todo el año en la cuenca del río Negro. Existen dos (2) máximos relativos: uno en mayo y otro en octubre, mientras que la precipitación disminuye sustancialmente en los meses de verano.

En estudios realizados sobre las precipitaciones acumuladas anualmente durante 34 estaciones en la cuenca del río Negro, se calcularon los percentiles 25 mm y 75 mm como valores mínimo y máximo respectivamente. Cuando los valores son por debajo del menor valor se clasifica como seco, mientras que por encima del valor máximo se clasificará húmedo y entre ambos valores como normales (Romero, P. y col.; 2012).

2.4.2.2.1.2.-El río Negro

Figura 2.6. Imagen del río Negro

Fuente: <https://www.google.com.ar/search?q=foto+del+rio+negro+argentina>

El río Negro se desplaza por un valle de ancho variable a través de mesetas áridas. Se caracteriza por la existencia de numerosos brazos secundarios que se activan con aguas altas y su reducida pendiente. No recibe el aporte de ningún afluente en todo su recorrido.

Su régimen es permanente y el caudal está influenciado por precipitaciones pluviales, por la fusión de hielo y nieve en el área de sus colectores cordilleranos (los ríos Limay y Neuquén). Es considerado un río alóctono por recibir caudal desde esta región únicamente. El Limay constituye el afluente más importante, con un aporte medio anual de caudal $700 \text{ m}^3/\text{s}$, con máximas de caudal $1.700 \text{ m}^3/\text{s}$ en junio -producto de deshielo y lluvias invernales- y mínimas de caudal de $300 \text{ m}^3/\text{s}$ en abril. El derrame anual del Neuquén está sujeto a las alternativas de lluvias y deshielos y registra una media de caudal $300 \text{ m}^3/\text{s}$ (con máximas de caudal $600 \text{ m}^3/\text{s}$ en noviembre y mínimas de caudal $100 \text{ m}^3/\text{s}$ en abril). Es importante tener en cuenta que el régimen natural del río Negro que ha sido alterado, primero, mediante la desviación de los caudales de crecida del Neuquén hacia un lago Pellegrini, y luego por la construcción y puesta en

marcha de varios complejos hidroeléctricos, como el complejo Chocón en el río Limay y Cerros Colorados en el río Neuquén. Con ellos se controlan las grandes crecidas estacionales del río que, de otra manera, inundarían periódicamente miles de hectáreas depositando una delgada capa de limos y arcillas (Prates, L.; 2008).

De acuerdo a los controles y registros realizados por la Autoridad Interjurisdiccional de Cuencas (AIC), la calidad del agua es apta para consumo humano, como así también para el desarrollo y la vida acuática. Se trata de agua bicarbonatada-cálcica-sódica, neutra a ligeramente alcalina, con bajo contenido salino, bien oxigenada y de elevada transparencia.

Con respecto al contenido de yodo en agua de río, Negri publicó un trabajo realizado en marzo de 2011 en el cual la concentración de yodo en el agua del río Negro a una latitud de 39,1° y una longitud de 66,2° es de $3.53 \pm 0.17 \mu\text{g/L}$. (Negri, A. y col.; 2013).

2.4.2.2.1.3.-Agua Subterránea

Las aguas subterráneas pertenecientes al acuífero del Alto Valle, presenta el primer nivel freático que se desarrolla a lo largo de la planicie de inundación del Río Negro, un espesor saturado que promedia los 10 m, la litología del acuífero es de gravas arenosas que se encuentran cubiertas por sedimentos predominantemente limosos. El acuífero presenta una permeabilidad alta a muy alta, un terreno permeable y con una calificación de acuífero de regular-bueno a excelente (Godagnone, R. y col.;2008).

Las relaciones de yodo con el pH en las aguas subterráneas con concentraciones de yodo altas tienen pH en el rango de 7.75 a 8.60, lo que indica que las condiciones de pH alto favorecen el enriquecimiento de yodo en agua subterránea. A medida que aumentan los valores de pH, la carga positiva en la superficie de los minerales de óxido de metal disminuye y así favorece la movilización de yodo de los sedimentos al agua subterránea (Fuge, R. y col.;2015).

2.4.2.2.1.4.-Agua corriente de red

Se define como agua corriente de red al agua potable que llega desde la planta potabilizadora a cada domicilio. En las localidades del Alto Valle el agua es provista por Aguas Rionegrinas, quien se encarga de la captación, potabilización y distribución a través de redes en las ciudades de Cipolletti, Allen, General Roca y Villa Regina.

La fuente de captación en Cipolletti se encuentra ubicada en el río Neuquén antes de la confluencia de los ríos Neuquén y Limay, mientras que, en Allen, General Roca y Villa Regina el agua de consumo se extrae del río Negro. (<https://aguasrionegrinas.com/ar>).

2.4.3.-Suelo

El Valle está formado por un amplio sistema de terrazas, entre ellas: Terraza Aluvial Reciente, Terraza Aluvial Subreciente y Terraza Aluvial Antigua y su origen se remonta al Cretáceo. Los suelos de las áreas frutícolas donde se cultivan frutales de pepita y carozo se caracterizan por ser áridos y alcalinos donde es factible detectar deficiencias de micronutrientes, principalmente zinc y hierro (Godagnone, R. y col.; 2008).

Capítulo III:

HIPÓTESIS VARIABLES E INDICADORES

3.- HIPÓTESIS Y VARIABLES

3.1.-HIPOTÉISIS GENERAL

La variación estacional en la concentración de yodo en aguas del Alto Valle de Río Negro muestra relación con los valores de hormona estimulante de tiroides y concentración de yodo urinario.

3.2.-DIAGRAMA DE VARIABLES

Tabla 3.1. *Variables dependientes e independientes*

Dependientes	Independientes
Estaciones del año (Primavera, Verano, Otoño , Invierno)	Temperatura
	Amplitud térmica
	Salida y Puesta del sol
	Horas de luz
Calidad del agua del río Negro	pH
	Temperatura del agua
	Concentración de yodo
	Caudal
	Precipitaciones
Calidad del agua de red	pH
	Temperatura del agua
	Concentración de yodo
Calidad del agua Subterránea	pH
	Temperatura del agua
	Concentración de yodo
Ciudades Alto Valle	Latitud
	Longitud

3.3.-OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES.

Tabla 3.2. Operacionalización de variables

Título: Yodo en aguas del Alto Valle de Río Negro. Interpretación Ambiental					
PROBLEMA		INVESTIGACION		OPERACIONALIDAD	
Planteamiento	Formulación y Sistematización	Objetivos	Hipótesis	Variables dependientes	Indicadores Variable independiente
<p>Determinar niveles de yodo en agua en diferentes zonas del Alto Valle de Río Negro en las cuatro estaciones del año y relacionarlo con la variación hormonal encontrada.</p> <p>Se determinarán los contenidos de yodo en el agua de consumo con el objetivo de relevar los datos y a través de la comparación entre ubicación geográfica, factores ambientales se podrá arribar a una relación entre el aporte de yodo proveniente del agua de consumo en diferentes estaciones del año.</p>	<p>¿Cuáles son los valores de la concentración yodo en agua de río, red y subterránea? ¿Existe variación estacional en la concentración de yodo en agua de río, red y subterránea?</p> <p>¿Existe variación estacional en la concentración de yodo en aguas del Alto Valle de Río Negro que muestre relación con los valores de hormona estimulante de tiroides (TSH) y concentración de yodo urinario?</p>	<p>Relevar la concentración de yodo en agua en el Alto Valle de Río Negro y relacionarla con la variación de los valores de hormona estimulante de tiroides y concentración de yodo urinario.</p>	<p>La variación estacional en la concentración de yodo en aguas del Alto Valle de Río Negro muestra relación con los valores de hormona estimulante de tiroides y concentración de yodo urinario.</p>	<p>Estaciones del año (Primavera, Verano, Otoño, Invierno)</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Temperatura • Amplitud térmica • Salida y Puesta del sol • Horas de luz
				<p>Calidad de agua del río Negro, de red y subterránea en el Alto Valle</p>	<ul style="list-style-type: none"> • pH • Temperatura del agua • Concentración de yodo • Caudal • Precipitaciones
				<p>Ciudades Alto Valle</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Latitud • Longitud

Capítulo IV:
MATERIALES Y MÉTODOS

4.-MATERIALES Y MÉTODOS DE INVESTIGACIÓN

4.1.-METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

Esta investigación propone determinar las concentraciones de yodo en la cuenca del río Negro en el área del Alto Valle en las cuatro estaciones del año, para comprobar la variación estacional y determinar datos de referencia de la concentración de yodo en las aguas de la zona en las cuatro estaciones del año. Este mineral es fundamental para el funcionamiento de la glándula tiroides y las enfermedades asociadas, por lo cual se busca en las aguas de consumo de la población y se relacionará con los niveles de TSH y CUI en adultos sanos de la zona.

4.2.-TIPO DE ESTUDIO

El estudio se puede clasificar en prospectivo, longitudinal y descriptivo; dado que consistió en determinar la cantidad de yodo en aguas de consumo (río, red y subterránea), temperatura del agua, pH y su posible relación con niveles de TSH y CIU en la población del Alto Valle de Río Negro en primavera, verano, otoño e invierno en un periodo de un (1) año; de noviembre del 2013 a octubre de 2014.

Para establecer cada estación del año se utilizaron registros de temperatura del aire, amplitud térmica, salida y puesta del sol, cantidad de horas de luz utilizando fuentes de información como el Servicio Meteorológico Nacional Argentino (SMNA), AIC, Servicio Naval Argentina (SNA).

Los datos de TSH y CIU fueron extraídos de trabajos de investigación realizados en la facultad de medicina UNCo.

Se hicieron cuatro (4) muestreos durante un (1) año en el periodo que va de noviembre del 2013 a octubre de 2014, con una frecuencia de tres (3) meses en las ciudades de Cipolletti, Allen, General Roca, Villa Regina abarcando un recorrido de 150 km.

4.3.-ÁMBITO DEL ESTUDIO

La zona donde se realizó el trabajo es un sector del Valle de Río Negro, Argentina, con una ubicación geográfica de 39°.95 de latitud Sur / 68°.40 de longitud Oeste a 38°.38 de Latitud Sur / 66°.49 de longitud Oeste, con 242 m. sobre el nivel del mar.

El área ocupa una superficie de 500 km², donde el eje central es el río Negro cuyas aguas son fuente de abastecimiento de las ciudades más pobladas de la región con zonas urbanas y rurales.

4.4.-MUESTREO

Se detallarán los lugares de muestreo, la ubicación de cada punto, el tipo de agua, la metodología utilizada, los criterios de selección de la muestra, el tipo de muestra, conservación y almacenamiento de la muestra.

4.4.1.-Lugares de muestreo

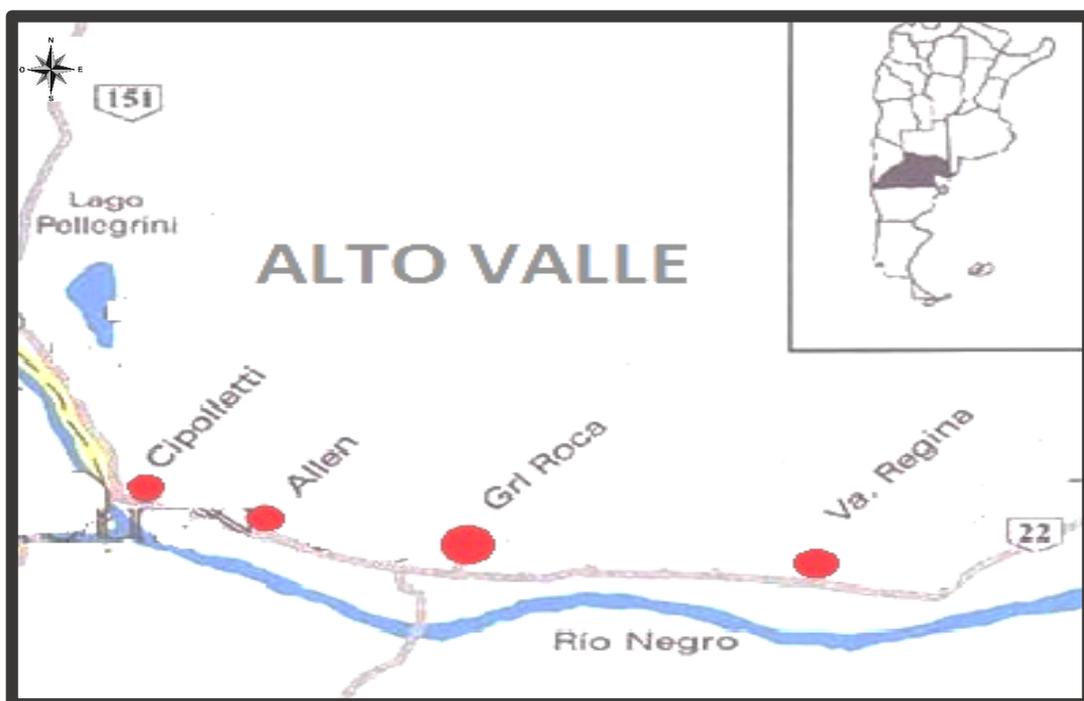


Figura 4.1. Croquis de la zona del Alto Valle con las ciudades muestreadas

En la figura (4.1) se observan las ciudades seleccionadas, Cipolletti, Allen, General Roca y Villa Regina. Cada lugar se le asignó el nombre: “Estación de Muestreo” con un número que corresponde a cada localidad, como muestra la siguiente tabla.

Tabla 4.1. Estaciones de muestreo

Estación de Muestreo	Localidad
Estación 1. Cipolletti	Cipolletti
Estación 2. Allen	Allen
Estación 3. General Roca	General Roca
Estación 4. Villa Regina	Villa Regina

4.4.2.-Tipo de agua de muestreo

En cada estación se seleccionaron tres (3) puntos de muestreo uno para cada tipo de agua y se identificaron como: agua de río (Río), agua subterránea (Sub) y agua de red (Red) seguido del número de la estación de muestreo, como indica la tabla (4.2).

Tabla 4.2. Estaciones de muestreo y los tipos de agua

Estación de Muestreo	Tipo de Agua		
Estación 1. Cipolletti	Río ₁	Sub ₁	Red ₁
Estación 2. Allen	Río ₂	Sub ₂	Red ₂
Estación 3. General Roca	Río ₃	Sub ₃	Red ₃
Estación 4. Villa Regina	Río ₄	Sub ₄	Red ₄

4.4.3.-Frecuencia de muestreo

Se realizaron cuatro (4) relevamientos con una frecuencia trimestral, cada uno coincidente con cada estación del año; primavera, verano, otoño e invierno en el Alto Valle del río Negro. En todos los puntos las muestras fueron extraídas por duplicado.

El primer relevamiento se realizó al finalizar la primavera. Se tomaron doce (12) muestras de agua de consumo (río, subterránea y de red) en cada estación de muestreo.

El segundo relevamiento se efectuó concluyendo la estación verano, se tomaron catorce (14) muestras de agua en los mismos lugares y puntos de muestreo.

El tercer relevamiento se desarrolló al finalizar el otoño, se recolectaron catorce (14) muestras de agua en los mismos puntos mencionados y por último en el cuarto relevamiento se efectuó en la estación invierno y se recogieron catorce (14) muestras.

4.4.4.-Criterio de selección de los puntos de muestreo

4.4.4.1.-Muestreo sobre el río Negro

El criterio utilizado para la selección del punto de muestreo en cada Estación fue en el río a 100 metros aguas arriba del lugar de captación del agua de consumo para su posterior potabilización y abastecimiento a la población.

4.4.4.2.- Muestreo de agua subterránea y de red

La selección de los puntos de muestreo para ambos tipos de agua fue cercana a la ruta 22. Otra condición para el agua subterránea fue que la perforación tuviera una profundidad entre 10 m y 15 m.

4.4.5. –Características de la muestra y envase

Las muestras fueron puntuales, se tomaron por duplicado y conservadas de acuerdo a las recomendaciones para el monitoreo de la Calidad de agua (Toro,C.; 2011).

Los envases utilizados como muestra la figura (4.2), fueron de vidrio de 500 ml, enjuagadas tres veces con agua del lugar, etiquetadas con la identificación y registradas en la planilla de campo. Luego fueron almacenadas envueltas en un lienzo negro en la oscuridad y conservadas a una temperatura de 4°C y enviadas para el posterior análisis de yodo.



Figura 4.2. Imagen del envase utilizado.

4.5.-TRABAJO DE CAMPO

Se llevaron a cabo cuatro relevamientos uno por cada estación del año. En cada uno de ellos se hizo un recorrido de 150 km pasando por cada localidad desde Cipolletti, Allen, G. Roca hasta Villa Regina; tomando las muestras. In situ se determinaron Temperatura del agua, pH y se acondiciono para la determinación de yodo. Dichos parámetros se midieron directamente en los sitios de los cuerpos de agua. A cada localidad se la denomino Estación seguida de un número de identificación.

Estación 1. Cipolletti. En esta localidad ubicada sobre la confluencia de los ríos Neuquén y Limay se tomaron tres (3) muestras por estación como muestra la tabla (4.3). "In situ" se determinaron temperatura del agua, pH y la muestra se acondicionó para la determinación de yodo.

Tabla 4.3. Estación 1. Cipolletti identificación y ubicación de los puntos de muestreo

Estación de Muestreo	Identificación	Ubicación	
		Latitud	Longitud
Estación 1. Cipolletti Río ₁	Toma de Agua	38°55'47" S	68°02'22" O
Estación 1. Cipolletti Sub ₁	Casa Barrio	38°56'52" S	68°54'36" O
Estación 1. Cipolletti Red ₁	Casa	38°56'52" S	68°54'36" O



Figura 4.3. Ubicación de la Estación Cipolletti Río, Neuquén.
Fuente: Google Earth



Figura 4.4. Ubicación de la Estación Cipolletti Sub, y Red 1
Fuente: Google earth

Estación 2. Allen. En esta localidad ubicada en la margen norte del río Negro se tomaron tres (3) muestras por estación, como muestra la tabla (4.4). In situ se determinaron temperatura del agua y pH. La muestra fue acondicionada para la determinación de yodo.

Tabla 4.4. Estación 2. Allen identificación y ubicación de los puntos de muestreo

Estación de Muestreo	Identificación	Ubicación	
		Latitud	Longitud
Estación 2. Allen Río ₂	Toma de Agua	39°02'05 S	67°50'23 O
Estación 2. Allen Sub ₂	Chacra 28	38°59'59 S	67°52'32 O
Estación 2. Allen Red ₂	Estación de servicio Petrobras	39°00'04 S	67°50'47 O



Figura 4.5. Ubicación de la Estación Allen Río₂
Fuente: Google earth



Figura 4.6. Ubicación de la Estación Allen Sub₂.
Fuente: Google earth



Figura 4.7. Ubicación de la Estación Allen Red₂.
Fuente: Google earth

Estación 3. General Roca. En esta localidad ubicada en la margen norte del río Negro se tomaron tres (3) muestras por estación, como muestra la tabla (4.5).

La muestra de río se tomo 100 m. antes de la toma de agua. El agua de red y subterránea se tomaron en la misma chacra a una distancia de 50 metros entre los puntos. "In situ" se determinaron temperatura del agua y pH. La muestra fue acondicionada para la determinación de yodo.

Tabla 4.5. Estación 3. G. Roca identificación y ubicación de los puntos de muestreo

Estación de Muestreo	Identificación	Ubicación	
		Latitud	Longitud
Estación 3. G Roca Río ₃	Toma de Agua	39°04'27 S	67°31'53 O
Estación 3. G RocaSub ₃	Chacra 204	39°02'38 S	67°36'09 O
Estación 3. G Roca Red ₃	Chacra 204	39°02'38 S	67°36'09 O



Figura 4.8. Ubicación de la Estación G. Roca Río₃
Fuente: Google earth



Figura 4.9. Ubicación de la Estación G. Roca Sub₃ y Red₃
Fuente: Google earth

Estación 4. Villa Regina. En esta localidad ubicada en la margen norte del río Negro se tomaron tres (3) muestras por duplicado por estación, como muestra la tabla (4.6). La muestra de río se toma 10 m. antes de la toma de agua. In situ se determinaron Temperatura del agua, pH y las muestras se acondicionaron para la determinación de yodo.

Tabla 4.6. Estación 4. Villa Regina identificación y ubicación de los puntos de muestreo

Estación de Muestreo	Identificación	Ubicación	
		Latitud	Longitud
Estación 4. Villa Regina Río ₄	Toma de Agua	39°09'46 S	67°07'62 O
Estación 4. Villa Regina Sub ₄	Chacra de Fica	39°09'46 S	67°06'51 O
Estación 4. Villa Regina Red ₄	Ferrari Monasterio	39°05'47S	67°05'48 O



Figura 4.10. Ubicación de la Estación Villa Regina Río₄
Fuente: Google earth



Figura 4.11. Ubicación de la Estación Villa Regina Sub₄
Fuente: Google earth



Figura 4.12. Ubicación de la Estación Villa Regina Red.
Fuente: Google earth

4.6.-MATERIALES Y MÉTODOS

4.6.1.-Estaciones del Año

Para determinar cada una de las cuatro (4) Estaciones del año se utilizó como variables independientes e indicadores:

4.6.1.1.-Temperatura Urbana

Se procesaron los datos suministrados por la central meteorológica de FUNBAPA (Fundación Barrera Zoofitosanitaria Patagónica) ubicada en la zona Urbana a $39^{\circ} 01' 35''$ Sur de latitud y $67^{\circ} 34' 43''$ de longitud Oeste.

4.6.1.2.-Temperatura Rural

Se utilizaron datos aportados por la central Meteorológica INTA. E.E. Alto Valle de Temperaturas Máximas, Medias y Mínimas.

4.6.1.3.-Amplitud Térmica

Se calculó por diferencia entre la temperatura máxima y la mínima promedio por estación del año.

4.6.1.4.-Salida y Puesta del sol

Se procesaron los datos de los horarios de la salida y puesta del sol diarios desde noviembre de 2013 a octubre del 2014 suministrados por Servicio de Hidrología Naval Argentina ,2014. Ministerio de defensa.

4.6.1.5.-Cantidad de horas de luz

Se calcularon por diferencia entre la puesta y salida del sol diaria y se promediaron por estación del año.

4.6.2.-Cuenca del Río Negro

4.6.2.1.-Precipitaciones

Se procesaron los datos extraídos de los registros de la (AIC, 2015), por estación del año.

4.6.2.2.-Caudal del río Negro

Se procesaron los datos de caudales registrados por la AIC (2013-2014) por estación del año.

4.6.2.3.-Temperatura del Agua

Se determinó directamente en los cuerpos de agua "In Situ"; El método es aplicable a todo tipo de agua, de río, subterránea y de red. Se midieron con un termómetro calibrado y normalizado con una resolución de ± 0.1 ó 0.01°C y el intervalo

de medición va desde 0 a 50°C, con lo cual logra abarcar el intervalo habitualmente presente en las muestras.

4.6.2.4.-pH del Agua. Potencial de Hidrógeno

Se determinó directamente en los cuerpos de agua "In Situ"; El método es aplicable a todo tipo de aguas, de río, subterránea y de red.

Se utilizó un peachimetro portátil calibrado a 20°C y normalizado Marca Hach.

4.6.2.5.-Yodo en Agua

El método utilizado para la determinación de yodo como yoduros (I^-) es el Método de reducción catalítica (Apha-Awwa-Wef, 2005, *Del Standards Methods for the Examination of Wastewater*, Chapter: Inorganic nonmetals p.74), mediante la cual se lleva a cabo la reacción de Sandell-Kolthoff modificada (Campo Mayor, A. ; 2017) <https://eprints.ucm.es/55702/>

Se fundamenta en la capacidad catalizadora del yodo en la reacción de reducción de los iones céricos por ácido arsenioso. Los iones céricos sin reaccionar se combinan con sulfato amónico ferroso dando como resultado iones férricos que forman un complejo coloreado con el tiocianato de potasio y son directamente proporcionales a la cantidad de iones céricos remanentes.

Para la determinación de la concentración de yodo se utiliza una técnica colorimétrica, en la que se mide la absorbancia en un espectrofotómetro a una longitud de onda de 510 a 525 nm. y un ancho de banda de 1 cm. Para ello se construye una curva de calibración con solución patrón de Ioduro de potasio de diferentes concentraciones. Absorbancia en función de la concentración de yodo en $\mu\text{g/L}$.

En cuanto al procedimiento, en primer lugar, la muestra de agua se trata con ácido crómico para realizar la digestión y posterior destilación. Una vez realizada la digestión, se lleva a un baño para mantener la temperatura a 30 °C junto con el sulfato amónico cérico que produce la reacción, denominada *Sandell- Kolthoff*:



La velocidad de la reacción depende de la cantidad de yoduro presente en la muestra. En esta reacción de óxido – reducción, los iones céricos de color amarillo se transforman en iones ceriosos incoloros, en presencia de yoduro como catalizador. La disminución en el color de la reacción es inversamente proporcional a la concentración de yodo.

A continuación, se agrega Sulfato Amónico ferroso que reacciona con los iones céricos que quedaron sin reaccionar:



Mediante el agregado de tiocianato de potasio se forma un complejo coloreado que es estable. La absorbancia del complejo, inversamente proporcional a la concentración de yodo presente, se mide en un espectrofotómetro.

Con el valor de absorbancia obtenido se ingresa a la curva de calibración y se determina la concentración correspondiente por interpolación.

Capítulo V:

ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

5.- RESULTADOS

5.1.-TRATAMIENTO DE LOS RESULTADOS

En este capítulo se presentarán los resultados correspondientes a los indicadores de estaciones del año, temperaturas rural y urbana, amplitud térmica, horario de salida y puesta del sol, cantidad de horas de luz. Estos datos fueron extraídos de S.M.N.A.

Los resultados de los indicadores de calidad, concentración de yodo, temperatura del agua y pH de las aguas de río, red y subterránea se procesaron por estación del año.

Se analizaron los datos de las precipitaciones y caudales del río Negro pertenecientes a la cuenca de Río Negro.

Los datos de agua de río perteneciente a la Estación Cipolletti se descartaron por no pertenecer a la cuenca del río Negro.

Los datos fueron procesados en función de las estaciones del año, primavera, verano, otoño e invierno.

La temperatura diaria urbana y rural se promediaron por estación del año y tabularon.

Se graficaron la temperatura máxima, media y mínima urbana promedio y temperatura rural promedio en las cuatro estaciones.

La Amplitud térmica fue calculada por diferencia entre la temperatura máxima promedio y temperatura mínima promedio por estación del año.

La hora de salida y puesta del sol diaria fueron promediadas por cada estación.

Las horas de luz se sacaron por diferencia entre el horario de la puesta del sol y el horario de salida del mismo por estación del año.

5.2.-ESTACIONES DEL AÑO

5.2.1.-Temperatura Atmosférica

Se tuvieron en cuenta la temperatura máxima, mínima y media por estación.

5.2.1.1.- Temperatura Urbana

Tabla 5.1. Temperatura urbana en función de las estaciones del año

Temperatura (°C)	Estaciones del año			
	Primavera	Verano	Otoño	Invierno
T mínima	8,4	15,5	8,1	2,0
T media	15,5	25,5	13,8	9,7
T máxima	24,4	35,6	21,9	15,0

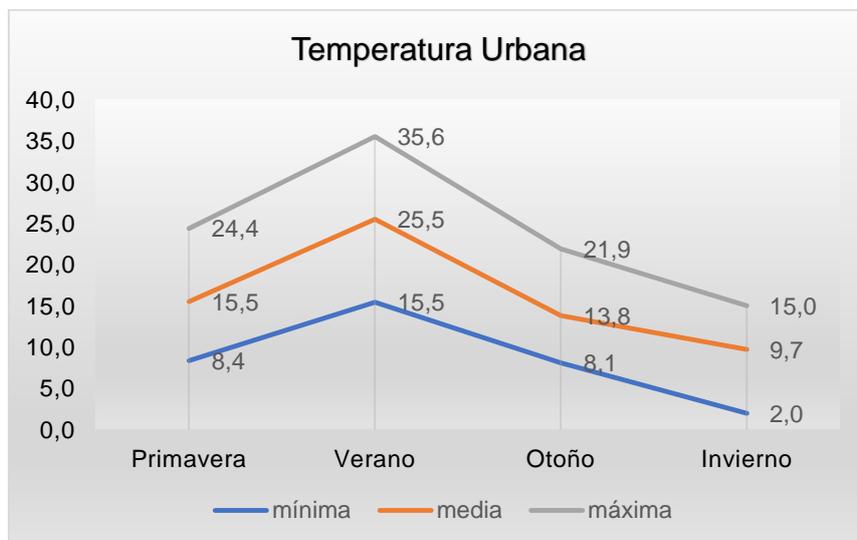


Figura 5.1. Variación de temperatura urbana en función de las estaciones del año

Las temperaturas corresponden a la zona urbana en el Alto Valle medidas en la estación de General Roca, en el periodo un (1) año, desde noviembre del 2013 a octubre del 2014. Por promedio se determinaron la temperatura mínima, media y máxima por estación. De la temperatura mínima, el menor valor corresponde al invierno con 2,0 ° C y el mayor valor verano con 15,5 ° C.

La temperatura media, tuvo el menor valor con 9,7 ° C en invierno mientras que el mayor fue de 25,5 ° C en verano y por último la máxima obtiene el menor valor en el invierno con 15,0 ° C mientras que el mayor valor en verano con 35,6 ° C.

A lo largo del gráfico se puede observar los valores máximos de temperatura se encuentran en verano, mientras que la menor temperatura se observa en el invierno.

5.2.1.2.-Temperatura Rural

Tabla 5.2. Temperatura rural en función de las estaciones del año

Temperatura (°C)	Estaciones del año			
	Primavera	Verano	Otoño	Invierno
T mínima	6,9	13,1	5,5	0,5
T media	15,3	22,5	12,1	7,2
T máxima	23,2	30,3	20,1	15,0

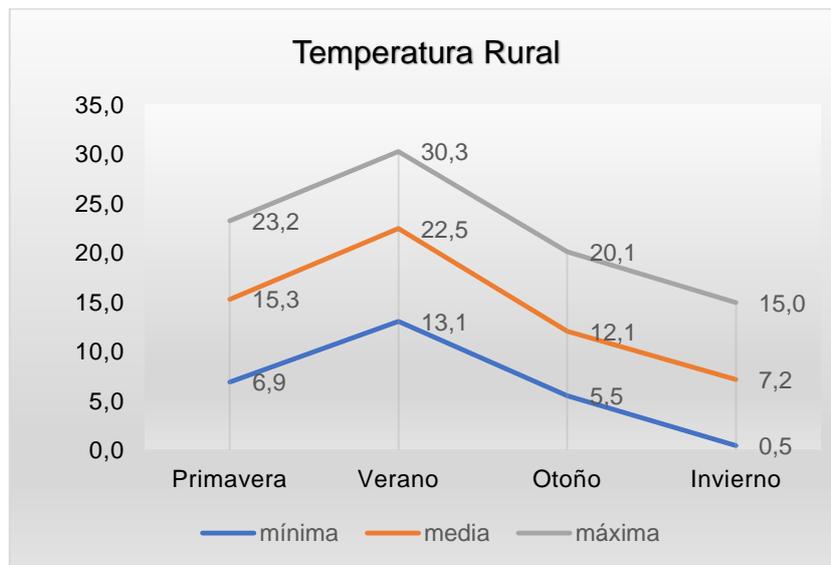


Figura 5.2. Variación de la temperatura rural en función de las estaciones del año

La temperatura de la zona rural del Alto Valle, en un periodo un (1) año, de la primavera del 2013 al invierno del 2014, como muestra la figura (5.2).

En la mínima temperatura el menor valor corresponde al invierno con 0,5 °C y el mayor valor verano con 13,1 °C. La temperatura media, tuvo el menor valor con 7,2 °C en invierno mientras que el mayor fue de 22,5 °C en verano y por último la temperatura máxima tiene el menor valor en el invierno con 15,0 °C mientras que el mayor valor en verano con 30,3 °C.

A lo largo del grafico se puede observar los valores máximos de temperatura se encuentran en verano, mientras que la menor temperatura se observa en el invierno.

5.2.1.3.-Amplitud Térmica

Este parámetro corresponde a la diferencia de temperatura máxima y mínima como muestra la tabla (5.3).

Tabla 5.3. Amplitud térmica de las temperaturas de la zona urbana y rural

Amplitud Térmica (°C)	Estaciones del año			
	Primavera	Verano	Otoño	Invierno
Amplitud Temp. Urbana	16,0	20,1	13,8	13,1
Amplitud Temp. Rural	16,3	17,2	14,6	14,5

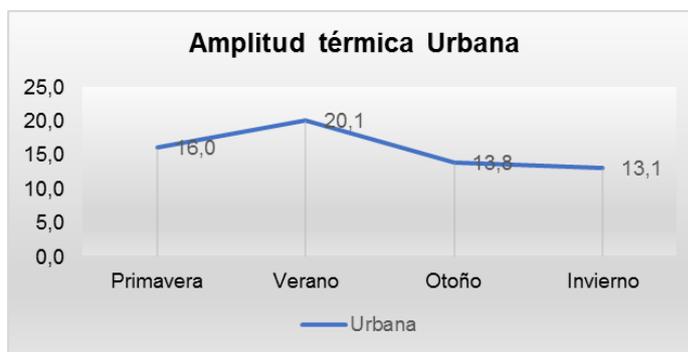


Figura 5.3. Variación de Amplitud Térmica Urbana

En la figura (5.3) se observa una curva con un pico que indica una marcada amplitud térmica en los meses de verano, con un valor de 20,1°C., mientras que la menor se da en los meses de invierno con una amplitud de 13,1°C. La diferencia entre los meses de verano e invierno es de 7°C.

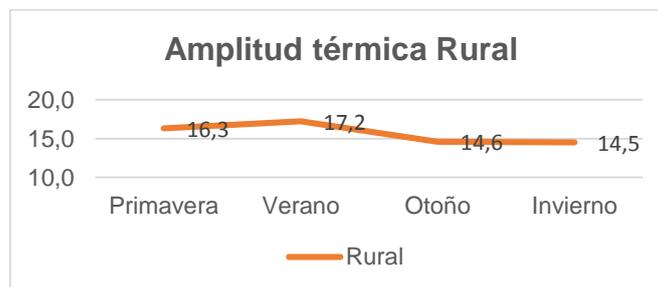


Figura 5.4. Variación de Amplitud Térmica Rural

En la figura (5.4) se puede ver una curva aplanada con poca diferencia de amplitud térmica entre las estaciones. El mayor valor se da en verano con 17,2°C, mientras que el menor valor se da en invierno con 14,5°C. Entre ambas estaciones existe una diferencia de 2,7°C.

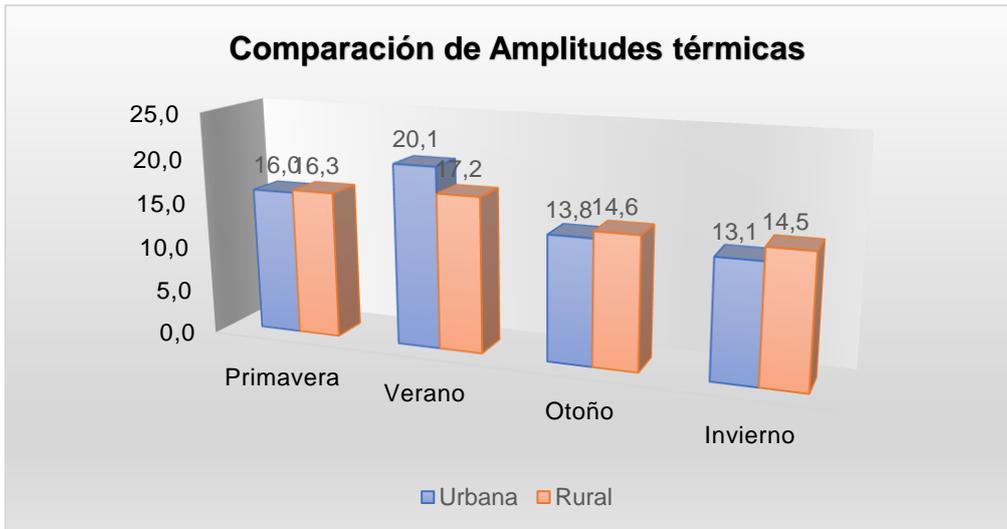


Figura 5.5. Comparación de las Amplitudes Térmicas

En todas las estaciones del año, a excepción del verano, es mayor la amplitud térmica en la zona rural dado que la temperatura del aire por la noche baja con mayor velocidad influenciada por la abundante vegetación, dando ese resultado. En el verano la mayor amplitud térmica se da en la zona urbana, dado que, durante el día y la noche la temperatura del aire es mayor que en la zona rural influenciada por la emanación de calor del cemento de la ciudad y la menor vegetación imperante.

5.2.2.1-Salida y puesta del sol

Estos parámetros están relacionados con la hora a la que asoma el sol y comienza a dar luz y cuando se esconde, como muestra la tabla (5.4). La cantidad de horas de luz está relacionada con el fotoperiodo.

Tabla 5.4. Variación de salida y puesta del sol en función de estaciones del año

	Estaciones del año			
	Primavera	Verano	Otoño	Invierno
Salida del Sol	06:16	06:46	08:17	08:21
Puesta del sol	20:13	20:36	18:44	18:47
N° de horas de luz	13:57	13:49	10:27	10:25

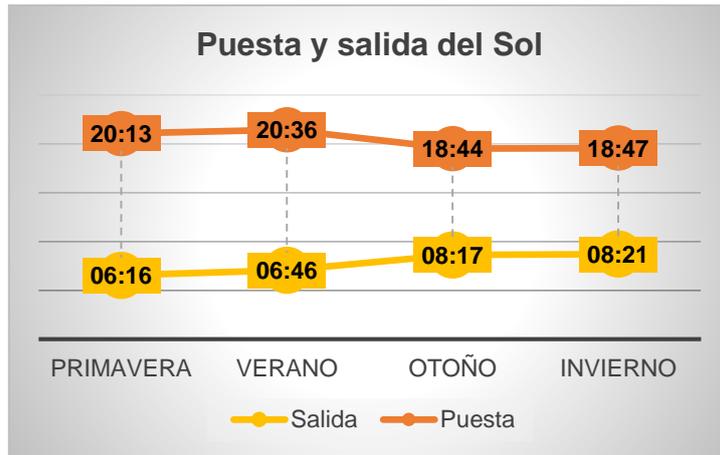


Figura 5.6. Variación de salida y puesta del sol en función de las estaciones del año

El horario de salida del sol va aumentando de la primavera al invierno, mientras que el horario de la puesta del sol va disminuyendo de primavera al invierno como muestra la figura (5.6).

5.2.2.2.-Cantidad de horas de luz

Tabla 5.5. Variación de horas de luz en función de estaciones del año

	Estaciones del año			
	Primavera	Verano	Otoño	Invierno
Cantidad de horas de luz (horas)	13:57	13:49	10:27	10:25

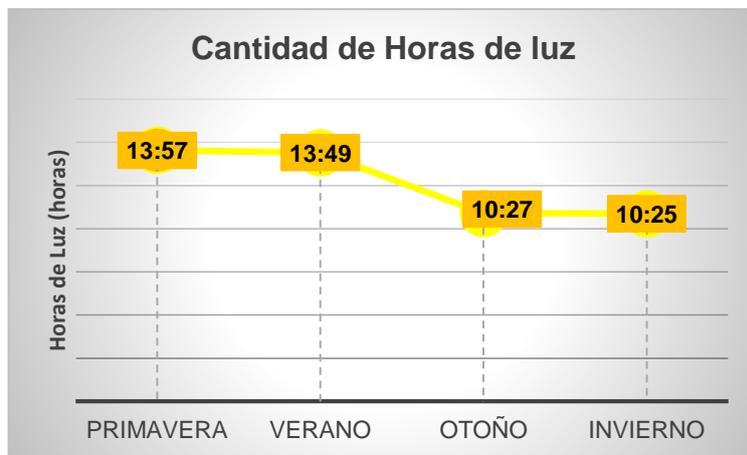


Figura 5.7. Variación de horas de luz en función de las estaciones del año.

La figura (5.7) muestra que a medida que se avanza en la curva la disminución sostenida de la cantidad de horas de luz es notable. La mayor cantidad de horas de luz se da en la primavera con trece horas con cincuenta y siete minutos (13:57), seguida del verano con trece horas con cuarenta y nueve minutos (13:49), baja en otoño a diez horas con veintisiete minutos (10:27) y finalmente en invierno diez horas con veinticinco minutos (10:25).

La diferencia de horas de luz entre primavera y verano es de ocho (8) minutos, entre la primavera y el otoño es de tres horas y treinta minutos (3,30), si comparamos con el invierno la diferencia es de tres horas y treinta y dos minutos (3,32).

En primavera se tiene el valor máximo de horas de luz (13:57) mientras que el mínimo valor es de (10:25) en invierno. La mayor diferencia de horas de luz se da entre primavera e invierno con un valor de tres horas con treinta y dos minutos (3:32).

5.2.2.3.-Relación entre temperatura rural, temperatura urbana, amplitud térmica y horas de luz.

Tabla 5.6. Variación de parámetros en las estaciones del año

Parámetros	Estaciones del año			
	Primavera	Verano	Otoño	Invierno
T media Urbana (°C)	15,5	25,5	13,8	9,7
T media Rural (°C)	15,3	22,5	12,1	7,2
Amplitud Térmica Urbana (°C)	16,0	20,1	13,8	13,1
Amplitud Térmica Rural (°C)	16,3	17,2	14,6	14,5
Cantidad de horas de luz(horas)	13,57	13,49	10,27	10,25

Cada estación del año en el Alto Valle del río Negro queda definida por la temperatura media urbana y rural, la amplitud térmica urbana y rural y las horas de luz.

Al pasar de la primavera al verano aumentan las temperaturas medias y las amplitudes térmicas de la zona urbana y rural, mientras que la cantidad de horas de luz disminuye en 8 minutos. Asimismo, del verano al otoño la temperatura media y amplitud térmica en ambas zonas y número de horas de luz disminuyen. Al llegar el invierno la temperatura media, las amplitudes térmicas y horas de luz son las más bajas, como se observa en la figura (5.8).

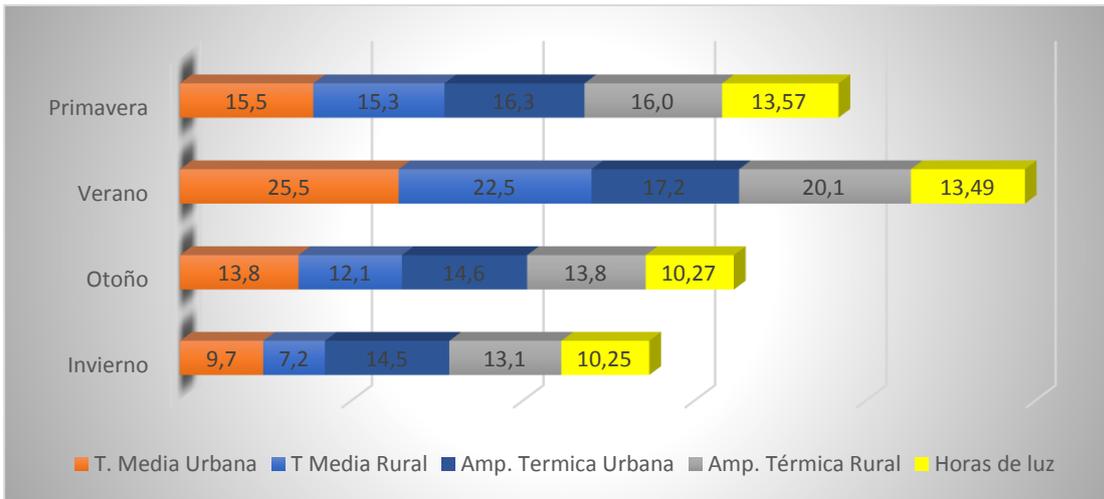


Figura 5.8. Variación de parámetros por estaciones del año

5.2.2.-La Cuenca del río Negro

5.2.2.1.-Precipitaciones

Tabla 5.7. Variación de precipitaciones en función de las estaciones del año

	Estaciones del año				Acumulados
	Primavera	Verano	Otoño	Invierno	
Precipitaciones (mm)	68,4	9,4	176,2	13,0	267

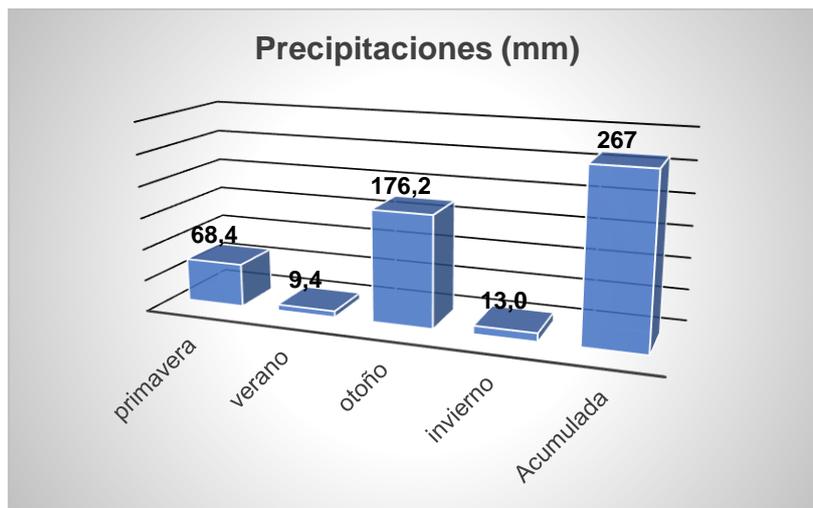


Figura 5.9. Variación de precipitaciones en función de las estaciones del año

Como muestra la figura (5.9) la estación más lluviosa fue el otoño con 176,2 mm caídos superando a las lluvias en los meses de primavera, seguida del invierno y finalmente el verano con muy poca cantidad de agua caída.

5.2.2.2.-El río Negro

5.2.2.2.1.-Caudal del río Negro

Tabla 5.8. Variación del caudal del río Negro en función de estación del año
Fuente: AIC

	Estaciones del año			
	Primavera	Verano	Otoño	Invierno
Caudal m³/s	547	580	590	907

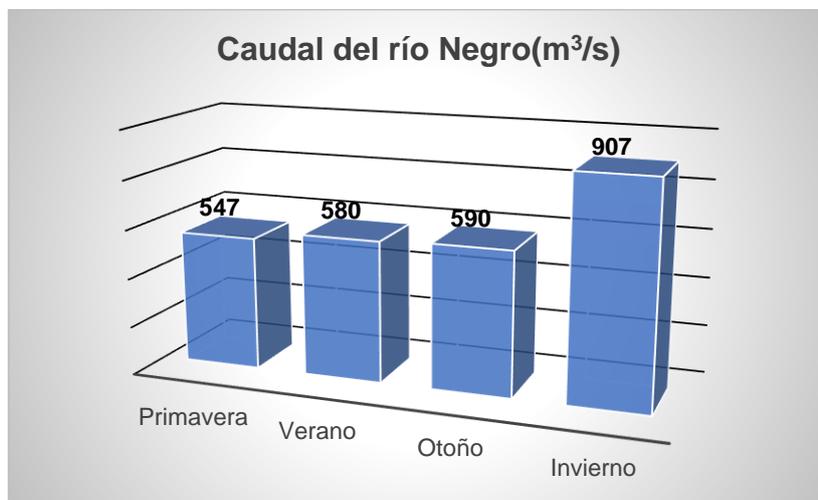


Figura 5.10. Variación del caudal del río Negro en función de las estaciones del año

El caudal del río Negro está regulado por los aportes de las aguas del río Neuquén y Limay, las precipitaciones y los deshielos en alta montaña de la cordillera.

Como muestra la Figura (5.10) el caudal fue aumentando paulatinamente de la primavera pasando por el verano, otoño y al llegar el invierno presenta su mayor caudal por la influencia de las precipitaciones en los meses otoñales en la zona del Alto Valle.

5.2.2.2.-Temperatura del agua del río Negro

Tabla 5.9. Estaciones de muestreo en el Alto Valle del río Negro

Estación de Muestreo
Estación 2. Allen Río ₂
Estación 3.G Roca Río ₃
Estación 4. Villa Regina Río ₄

Tabla 5.10. Temperatura del agua del río Negro por estación del año

Localidad	Temperatura (° Celsius)			
	Primavera	Verano	Otoño	Invierno
Allen	13,0	19,5	19,0	8,5
General Roca	13,0	21,0	18,0	9,0
Villa Regina	14,0	20,0	18,0	8,5

Tabla 5.11. Temperatura promedio del agua del río Negro por estación del año

Temperatura Promedio (° Celsius)			
Primavera	Verano	Otoño	Invierno
13,3	20,2	18,3	8,7

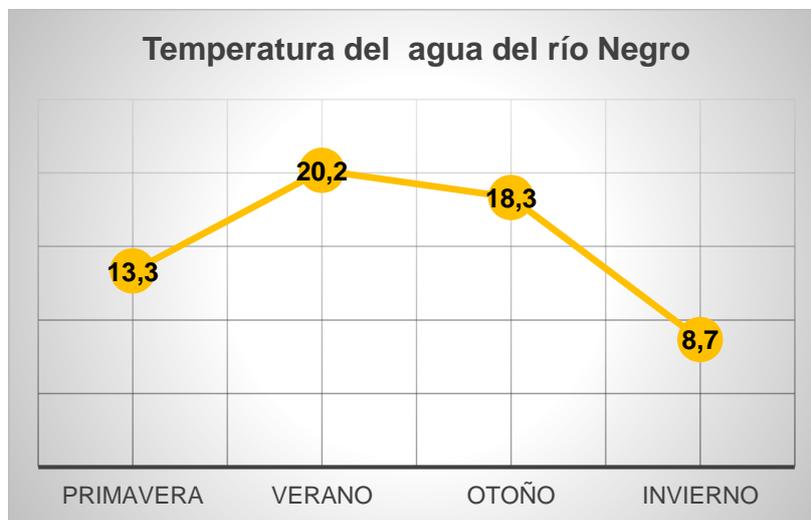


Figura 5.11. Variación de la temperatura del río Negro por estación del año

De acuerdo a la Figura (5.11), la temperatura promedio del agua del río Negro en el Alto Valle en las estaciones varía de verano a primavera, otoño a invierno. Presenta el mayor valor en verano con 20,2 ° C, mientras que la menor temperatura se da en invierno con 8,7° C. Las mismas disminuyen de verano 20,2 °C a otoño 18,3° C seguida por primavera 13,3 °C y finalmente invierno con 8,7°C. Contrario a lo que

ocurre con la temperatura del aire, en primavera es menor que en otoño dado que el río transporta el agua proveniente de los deshielos de la nieve cordillerana.

5.2.2.2.3.-pH del agua del río Negro

Tabla 5.12. Variación de pH del agua del río Negro en función de las estaciones del año

Localidad	pH			
	Primavera	Verano	Otoño	Invierno
Allen	8,1	7,9	7,2	8,2
General Roca	8,2	8,3	8,3	8,2
Villa Regina	8,0	8,0	7,5	8,1

Tabla 5.13. Variación de pH promedio de agua de río Negro en función de las estaciones del año

pH promedio			
Primavera	Verano	Otoño	Invierno
8,1	8,1	7,7	8,2

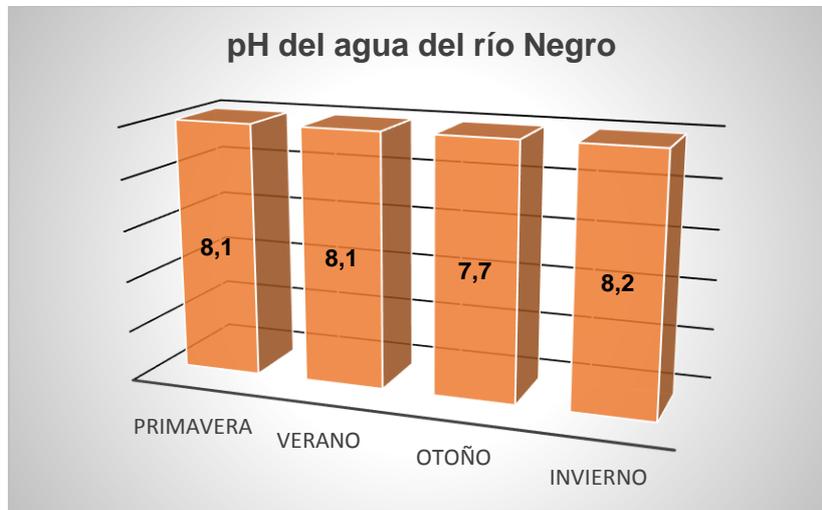


Figura 5.12. Variación de pH promedio del agua de río Negro por estación del año

Como muestra la Figura (5.12), el pH del río Negro se mantiene en un rango entre 7,7 y 8,2, se trata de un agua alcalina durante todo el año. Se mantiene prácticamente constante durante la primavera, verano e invierno. La variación en el otoño puede atribuirse a las precipitaciones caídas durante esta estación.

5.2.2.2.4.- Yodo en agua del río Negro

Tabla 5.14. Variación de concentración de Yodo en agua de río Negro por estación del año

Localidad	Yodo ($\mu\text{g/L}$)			
	Primavera	Verano	Otoño	Invierno
Allen	13,3 \pm 0,3	5,3 \pm 0,3	9,2 \pm 0,3	4,7 \pm 0,3
General Roca	8,5 \pm 0,3	9,2 \pm 0,3	7,4 \pm 0,3	1,9 \pm 0,3
Villa Regina	8,2 \pm 0,3	9,2 \pm 0,3	6,6 \pm 0,3	3,5 \pm 0,3

Tabla 5.15. Variación de concentración de Yodo promedio en agua de río Negro por estación del año

Yodo Promedio ($\mu\text{g/L}$)			
Primavera	Verano	Otoño	Invierno
10 \pm 0,3	7,9 \pm 0,3	7,7 \pm 0,3	3,4 \pm 0,3

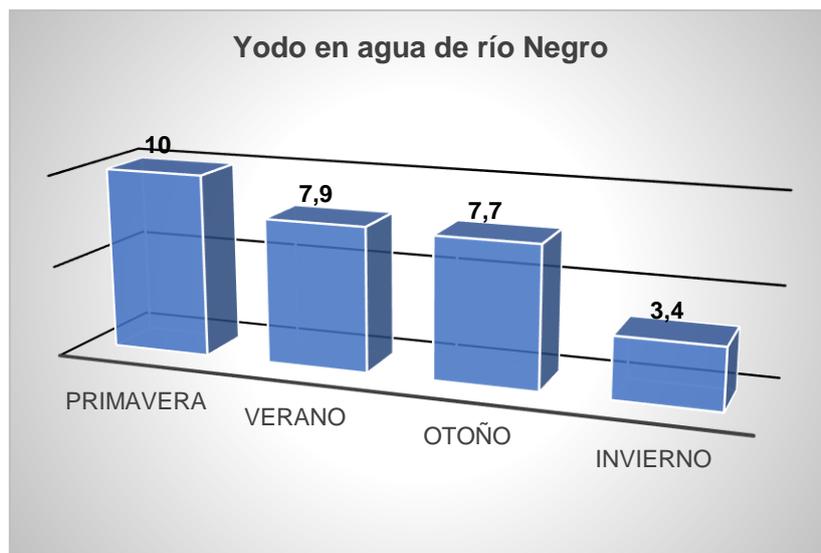


Figura 5.13. Variación de concentración de Yodo promedio en agua de río Negro en función de estaciones del año

En la Figura (5.13) se observa que la concentración de yodo en agua expresada en $\mu\text{g/L}$ varía en forma sostenida de una estación a otra. En primavera se encuentra la mayor concentración con 10 $\mu\text{g/L}$ coincidentemente con los deshielos en la cordillera. Disminuye en verano a un valor de 7,9 $\mu\text{g/L}$, se mantiene casi constante en otoño con una concentración de 7,7 $\mu\text{g/L}$ llegando al invierno con una disminución hasta un valor de 3,4 $\mu\text{g/L}$.

5.2.2.2.5.-Comparación entre la concentración de Yodo, temperatura del agua y pH del agua del río Negro por estaciones del año en el Alto Valle.

Tabla 5.16. Comparación entre parámetros de calidad del agua del río Negro en función de las estaciones del año

Parámetros	Agua de río Negro			
	Primavera	Verano	Otoño	Invierno
Temperatura Promedio ° C	13,3	20,2	18,3	8,7
pH Promedio	8,1	8,1	7,7	8,2
Yodo Promedio (µg/L)	10 ± 0,3	7,9± 0,3	7,7± 0,3	3,4± 0,3
Caudal m ³ /s	547	580	590	907

De primavera a verano la temperatura aumenta, el pH se mantiene constante, la concentración de yodo disminuye y el caudal aumenta. De verano a otoño la temperatura disminuye, la concentración de yodo y el caudal tienen poca variación y el pH disminuye. De otoño al invierno disminuye la temperatura del agua, la concentración de yodo, mientras que el caudal y el pH aumentan.

La diferencia más importante se da entre las estaciones de primavera e invierno, la concentración de yodo disminuye, en cuanto al caudal del río aumenta.

5.2.2.2.6.-Comparación entre concentración de Yodo en agua del río Negro y horas de luz por estaciones del año en el Alto Valle.

Tabla 5.17. Comparación entre concentración de Yodo en agua de río Negro y horas de luz por estación del año

	Estaciones del año			
	Primavera	Verano	Otoño	Invierno
Cantidad de horas de luz	13:57	13:49	10:27	10:25
Yodo Promedio (µg/L)	10 ± 0,3	7,9 ± 0,3	7,7 ± 0,3	3,4 ± 0,3

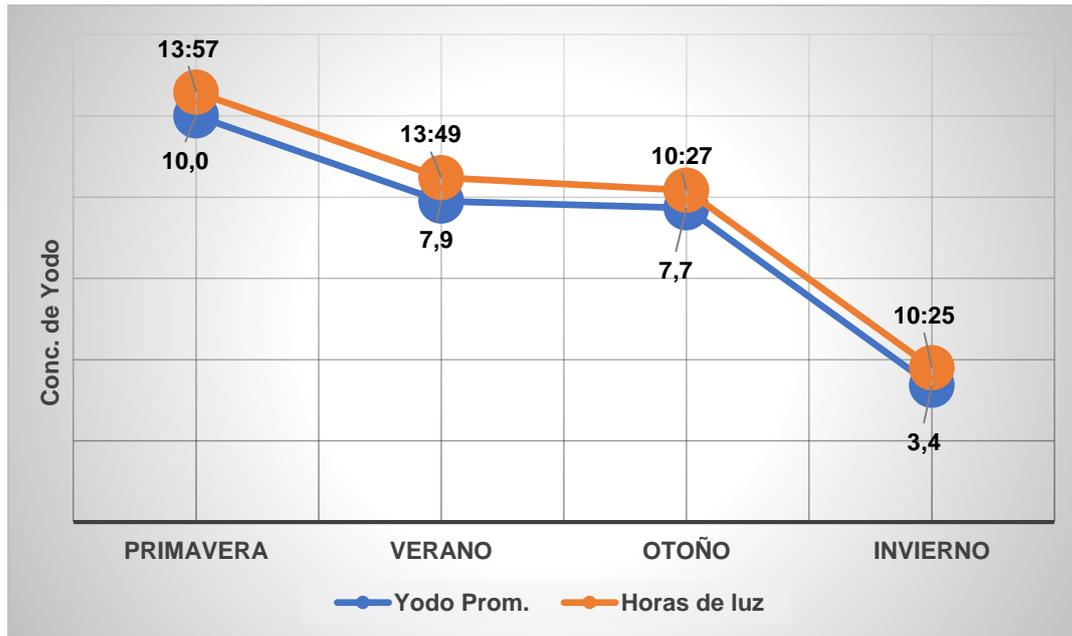


Figura 5.14. Comparación entre concentración de Yodo en agua del río Negro y horas de luz por estación del año

Como se observa en la Figura (5.14) el número de horas de luz al igual que la concentración de yodo en agua del río Negro va disminuyendo de primavera a invierno, teniendo ambos parámetros el mismo patrón de variación estacional. La mayor diferencia se da entre primavera e invierno en la concentración de yodo y horas de luz.

5.2.2.3.-Agua de red

5.2.2.3.1.-Temperatura del agua de red

Tabla 5.18. Estaciones de muestreo

Estación de Muestreo
Estación 2 Allen Red ₂
Estación 3 G. Roca Red ₃
Estación 4.Villa Regina Red ₄

Tabla 5.19. Variación de Temperatura del agua de red en función de las estaciones del año

Localidad	Temperatura (°Celsius)			
	Primavera	Verano	Otoño	Invierno
Allen	18,0	20,0	19,0	15,0
General Roca	14,0	20,0	20,0	14,0
Villa Regina	12,0	20,0	18,0	9,0

Tabla 5.20. Variación de Temperatura Promedio del agua de red en función de las estaciones del año

Temperatura Promedio (°Celsius)			
Primavera	Verano	Otoño	Invierno
14,7	20,0	19,0	12,7

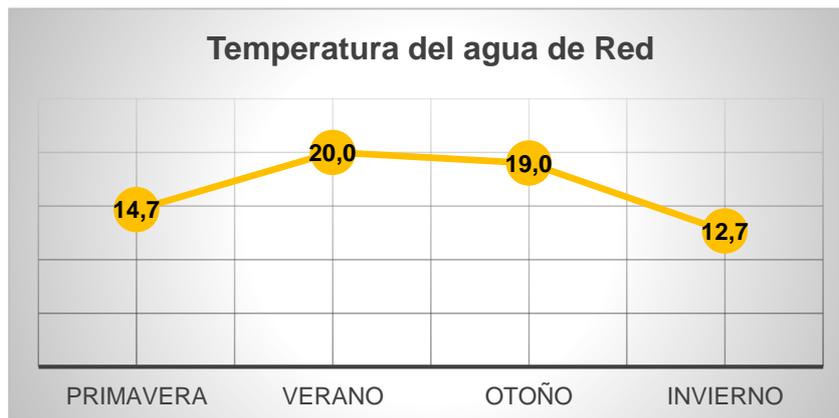


Figura 5.15. Variación de Temperatura promedio de agua de red por estación del año

En la Figura (5.15) se muestra la variación de la temperatura promedio del agua de red en el Alto Valle entre las estaciones del año. Presenta el mayor valor en verano con 20,0 ° C, mientras que la menor temperatura se da en invierno con 12,7° C. Las mismas disminuyen de verano 21,7 °C a otoño con 19,0° C seguida por la primavera 14,7 °C y finalmente invierno con 12,7°C.

5.2.2.3.2.-pH del agua de red

Tabla 5.21. Variación de pH de agua de red en función de las estaciones del año

Localidad	pH			
	Primavera	Verano	Otoño	Invierno
Allen	7,5	8,8	8,7	7,4
General Roca	8,2	8,0	7,2	7,9
Villa Regina	7,5	7,5	8,6	7,5

Tabla 5.22. Variación de pH promedio de agua de red en función de las estaciones del año

pH promedio			
Primavera	Verano	Otoño	Invierno
7,7	8,1	8,2	7,6

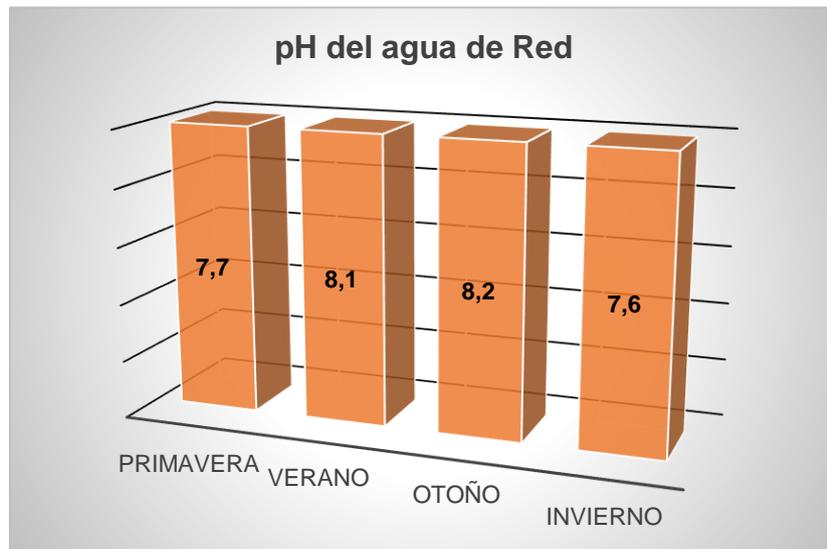


Figura 5.16. Variación de pH promedio de agua de red por estación del año

El pH del agua de red está en un rango de 7,6 y 8,2. Es un agua alcalina durante todo el año. Tal como indica la Figura (5.16).

5.2.2.3.3.-Yodo en agua de red

Tabla 5.23. Variación de concentración de Yodo en agua de red por estación del año

Localidad	Concentración de Yodo ($\mu\text{g/L}$)			
	Primavera	Verano	Otoño	Invierno
Allen	9,9 \pm 0,3	9,1 \pm 0,3	9,3 \pm 0,3	5,8 \pm 0,3
General Roca	8,6 \pm 0,3	8,8 \pm 0,3	7,9 \pm 0,3	2,4 \pm 0,3
Villa Regina	9,0 \pm 0,3	8,7 \pm 0,3	5,8 \pm 0,3	4,2 \pm 0,3

Tabla 5.24. Variación de concentración de Yodo en agua de red por estación del año

.Concentración de Yodo Promedio ($\mu\text{g/L}$)			
Primavera	Verano	Otoño	Invierno
9,2 \pm 0,3	8,9 \pm 0,3	7,7 \pm 0,3	4,1 \pm 0,3

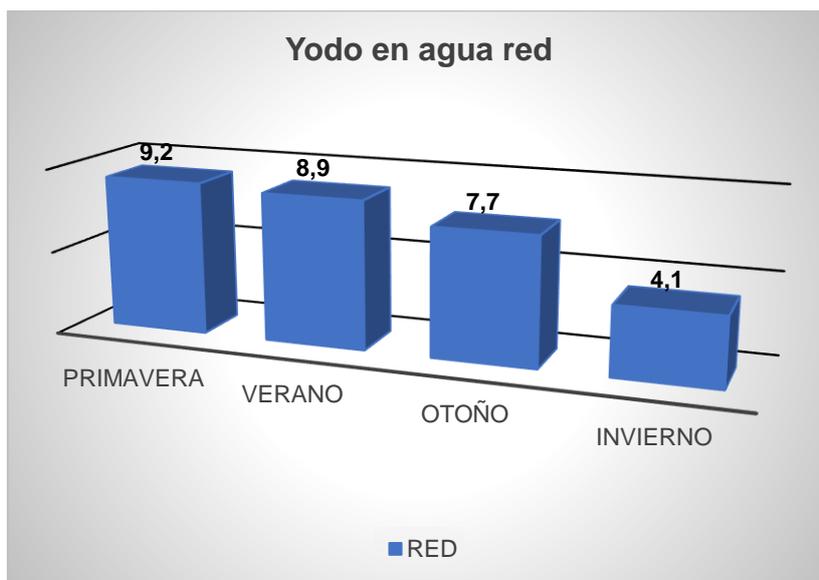


Figura 5.17. Variación de Concentración de Yodo promedio en agua de red por estación del año

La concentración de yodo en agua de red expresada en $\mu\text{g/L}$ varía en forma sostenida de una estación a otra. En primavera se encuentra la mayor concentración con 9,2 $\mu\text{g/L}$ disminuyendo en verano a 8,9 $\mu\text{g/L}$ y aún más en otoño con 7,7 $\mu\text{g/L}$ llegando al invierno con la concentración más baja con un valor de 4,1 $\mu\text{g/L}$, como indica la Figura (5.17).

5.2.2.3.4.-Relación entre concentración Yodo, temperatura del agua y pH en agua de red por estación del año en el Alto Valle del río Negro.

Tabla 5.25. *Comparación de parámetros de calidad en agua de red por estación del año*

Parámetros	Agua de red			
	Primavera	Verano	Otoño	Invierno
Temperatura Promedio ° C	14,7	21,7	19,0	12,7
pH Promedio	7,7	8,1	8,2	7,6
Yodo Promedio (µg/L)	9,2 ±0,3	8,9 ±0,3	7,7 ±0,3	4,1 ±0,3

El contenido de yodo en agua de red disminuye al igual que la temperatura a partir del verano, mientras que en primavera se observa una concentración de yodo y temperatura menor que en verano. El pH se mantiene prácticamente constante en un rango alcalino.

5.2.2.3.5.-Comparación entre Concentración de Yodo en agua de río y en agua de red por estación del año en el Alto Valle de Río Negro.

Tabla 5.26. *Comparación entre concentración de Yodo en agua de río y en agua de red por estación del año*

Tipo de Agua	Concentración de Yodo Promedio (µg/L)			
	Primavera	Verano	Otoño	Invierno
Red	9,2±0,3	8,9±0,3	7,7±0,3	4,1±0,3
Río Negro	10±0,3	7,9±0,3	7,7±0,3	3,4±0,3

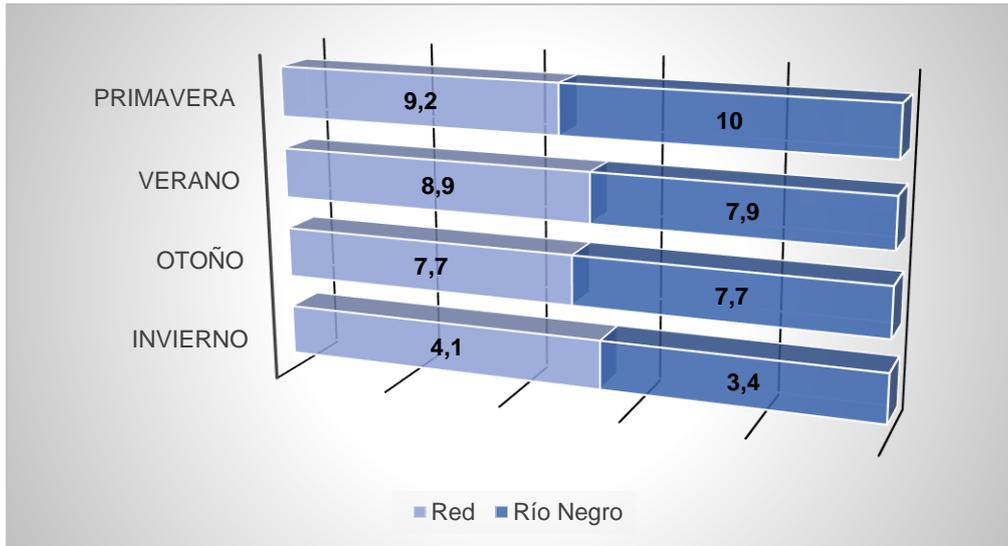


Figura 5.18. Comparación entre concentración de Yodo en agua de río y en agua de red por estación del año

Del gráfico se puede observar que en agua de red y del río Negro la concentración de yodo disminuye de primavera a invierno.

De la comparación de los valores de concentración de yodo en el agua se puede inferir que en primavera es mayor en el río, en verano y en invierno es mayor en el agua de red, mientras que en otoño se mantiene constante dicha concentración.

Como se observa en la Figura (5.18), el agua de red, que abastece a cada ciudad, debería tener una concentración de yodo igual o menor al agua del río Negro de la cual proviene. La mayor concentración de yodo en el agua de red en la estación verano e invierno puede deberse a que se utiliza el agua subterránea para el abastecimiento del consumo en los casos de falta de suministro, esto genera una mayor concentración del mineral debido a los mayores niveles presentes.

5.2.2.4.-Agua Subterránea

5.2.2.4.1.-Temperatura del agua subterránea

Tabla 5.27. Estaciones de muestreo en el Alto Valle del río Negro

Estación de Muestreo
Estación 1. Cipolletti Sub ₁
Estación 2. Allen Sub ₂
Estación 3. G. Roca Sub ₃
Estación 4. Villa Regina Sub ₄

Tabla 5.28. Temperatura del agua subterránea por estación del año

Localidad	Temperatura (°Celsius)			
	Primavera	Verano	Otoño	Invierno
Cipolletti	14,3	18,3	16,0	10,0
Allen	14,0	16,0	16,0	10,0
General Roca	15,0	16,0	14,0	13,0
Villa Regina	16,0	17,0	17,0	16,0

Tabla 5.29. Temperatura promedio del agua subterránea por estación del año

Temperatura Promedio (°Celsius)			
Primavera	Verano	Otoño	Invierno
14,8	16,8	15,8	12,3

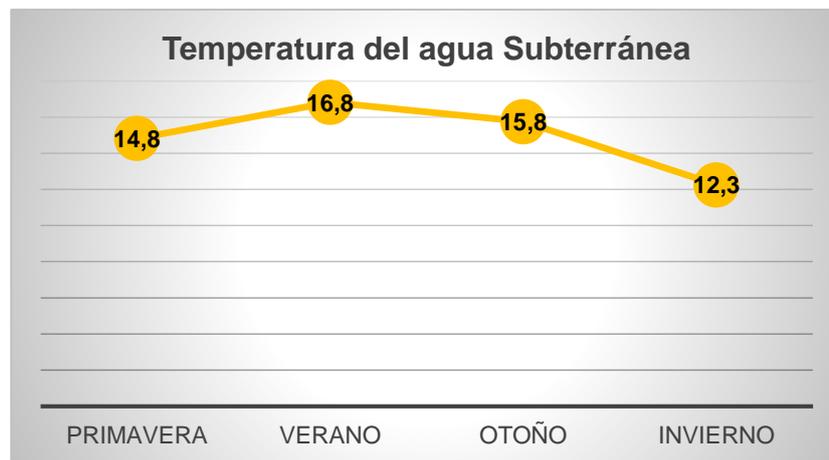


Figura 5.19. Temperatura promedio del agua Subterránea por estación del año

Como se ve en la Figura (5.19), la temperatura promedio del agua subterránea en el Alto Valle presenta muy poca variación durante todo el año. El mayor valor se da en el verano con 16,8 ° C., mientras que la menor temperatura se da en invierno con 12,3° C. Las mismas disminuyen de verano 16,8 °C a otoño con 15,8° C seguida por la primavera 14,8 °C y finalmente invierno con 12,3°C.

La máxima diferencia se da entre verano e invierno con 4,5°C, prácticamente se mantiene constante todo el año.

5.2.2.4.2.-pH del agua subterránea

Tabla 5.30. Variación de pH en agua subterránea por estación del año

Localidad	pH			
	Primavera	Verano	Otoño	Invierno
Cipolletti	7,6	7,7	7,7	7,9
Allen	8,9	7,4	7,8	7,9
General Roca	7,3	7,4	7,0	7,2
Villa Regina	6,9	7,2	7,6	7,1

Tabla 5.31. Variación de pH promedio de agua subterránea por estación del año

pH promedio			
Primavera	Verano	Otoño	Invierno
7,7,	7,4	7,5	7,5

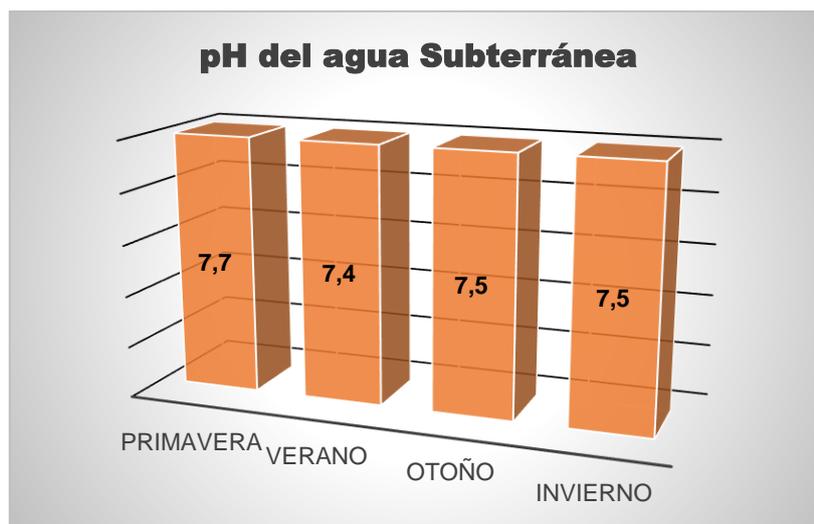


Figura 5.20. pH promedio de agua subterránea por estación del año

Como se observa en la Figura (5.20), el pH del agua subterránea es prácticamente constante en todas las estaciones se mantiene a pH levemente alcalino. Hay muy poca variación entre la primavera 7,7 y el verano con 7,4 lo que se llega a una diferencia de 0,3 puntos que no modifica el carácter alcalino, luego aumenta a 7,5 y se mantiene en otoño e invierno.

5.2.2.4.3.-Yodo en agua subterránea

Tabla 5.32. Variación de concentración de Yodo en agua subterránea por estación del año

Localidad	Concentración Yodo ($\mu\text{g/L}$)			
	Primavera	Verano	Otoño	Invierno
Cipolletti	17,2 \pm 0,3	15,6 \pm 0,3	26,5 \pm 0,3	32,6 \pm 0,3
Allen	18,7 \pm 0,3	15,2 \pm 0,3	17,3 \pm 0,3	20,4 \pm 0,3
General Roca	22,8 \pm 0,3	20,5 \pm 0,3	22,8 \pm 0,3	27,4 \pm 0,3
Villa Regina	14,2 \pm 0,3	11,8 \pm 0,3	13,4 \pm 0,3	17,1 \pm 0,3

Tabla 5.33. Variación de concentración de Yodo Promedio en el agua subterránea por estación del año

Concentración Yodo Promedio ($\mu\text{g/L}$)			
Primavera	Verano	Otoño	Invierno
18,6 \pm 0,3	15,8 \pm 0,3	17,8 \pm 0,3	21,6 \pm 0,3

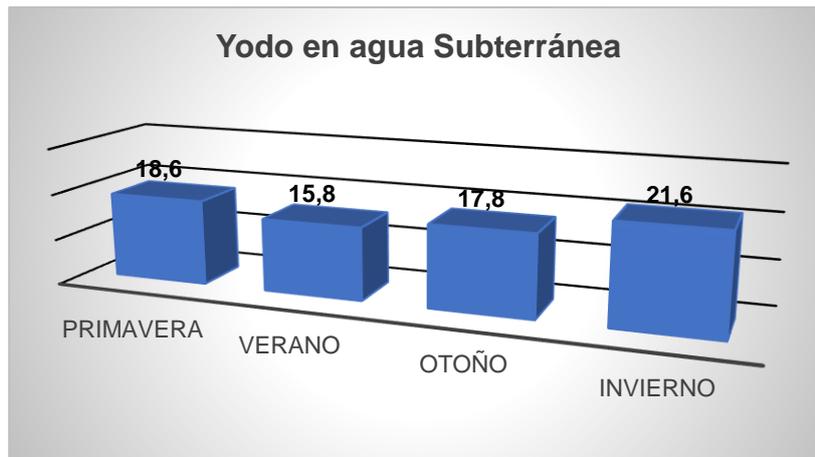


Figura 5.21. Concentración de Yodo promedio en agua subterránea por estación del año

La concentración de yodo en agua subterránea expresada en $\mu\text{g/L}$ varía a lo largo de todo el año. En verano presenta la menor concentración, aumentando en otoño y seguido por la primavera llegando al invierno con la concentración más alta como muestra la Figura (5.21).

En los meses de primavera, verano hasta mediados del otoño se efectúa el riego de la producción agrícola en el Alto Valle con agua proveniente del río Neuquén por el sistema de riego a través de canal principal, secundario y terciario. El suelo arenoso y permeable permite la recarga de las aguas subterráneas y con ello la

dilución de los de iones disueltos. Esta podría ser la causa de la disminución de la concentración de yodo en los meses de verano, otoño y primavera.

5.2.2.4.4.-Relación entre Yodo, temperatura y pH en agua subterránea por estación del año en el Alto Valle de Río Negro

Tabla 5.34. Relación entre parámetros de calidad en agua subterránea por estación del año

Parámetros	Agua Subterránea			
	Primavera	Verano	Otoño	Invierno
Yodo Promedio (µg/L)	18,6± 0,3	15,8± 0,3	17,8± 0,3	21,6± 0,3
pH Promedio	7,7	7,4	7,5	7,5
Temperatura Prom °C	14,8	16,8	15,8	12,3

En la tabla (5.34) se observa una notable disminución de la concentración de yodo de primavera a verano, al pasar al otoño e invierno la concentración de yodo aumento, mientras que el pH vario muy poca manteniendo un medio levemente alcalino, y la temperatura cambia en 4°C entre verano e invierno.

5.2.2.4.5.-Comparación de las concentraciones de Yodo en agua subterránea con el agua del río Negro por estaciones del año en el Alto Valle de Río Negro.

Tabla 5.35. Comparación de la concentración de Yodo en agua subterránea con el agua del río Negro por estaciones del año

Tipo de agua	Concentración Yodo (µg/L)			
	Primavera	Verano	Otoño	Invierno
Río Negro	10± 0,3	7,9± 0,3	7,7± 0,3	3,4± 0,3
Subterránea	18,6± 0,3	15,8± 0,3	17,8± 0,3	21,6± 0,3

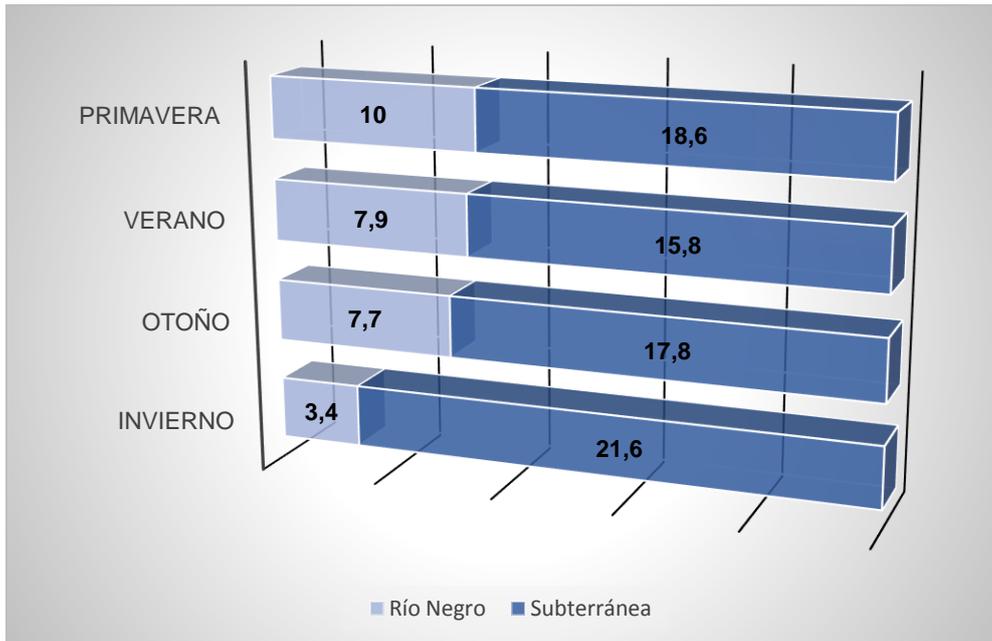


Figura 5.22. Comparación de la concentración de Yodo en agua subterránea y agua del Río Negro por estación del año

Como se visualiza en la Figura (5.22), la concentración de yodo en el río Negro va disminuyendo de primavera al invierno, mientras que en el agua subterránea ocurre lo contrario va aumentando paulatinamente de verano a invierno.

Es notable la diferencia entre los valores de la concentración del yodo, en el río y el agua subterránea, en todas las estaciones del año.

En primavera la concentración de yodo en el agua subterránea es prácticamente el doble que, en el agua de río, en verano la concentración de yodo en el agua subterránea duplica a la concentración en agua de río, en otoño es más del doble la concentración y en invierno la concentración de yodo en agua subterránea septuplica a la concentración de yodo en el río.

5.2.2.4.6.-Comparación entre las concentraciones de Yodo en agua subterránea, agua del río Negro y de red por estación del año en el Alto Valle de Río Negro por estación del año

Tabla 5.36. Comparaciones entre las concentraciones de Yodo en agua subterránea, de río y de red por estación del año

Tipo de agua	Concentración de Yodo ($\mu\text{g/L}$)			
	Primavera	Verano	Otoño	Invierno
Red	9,2 \pm 0,3	8,9 \pm 0,3	7,7 \pm 0,3	4,1 \pm 0,3
Río Negro	10 \pm 0,3	7,9 \pm 0,3	7,7 \pm 0,3	3,4 \pm 0,3
Subterránea	18,6 \pm 0,3	15,8 \pm 0,3	17,8 \pm 0,3	21,6 \pm 0,3

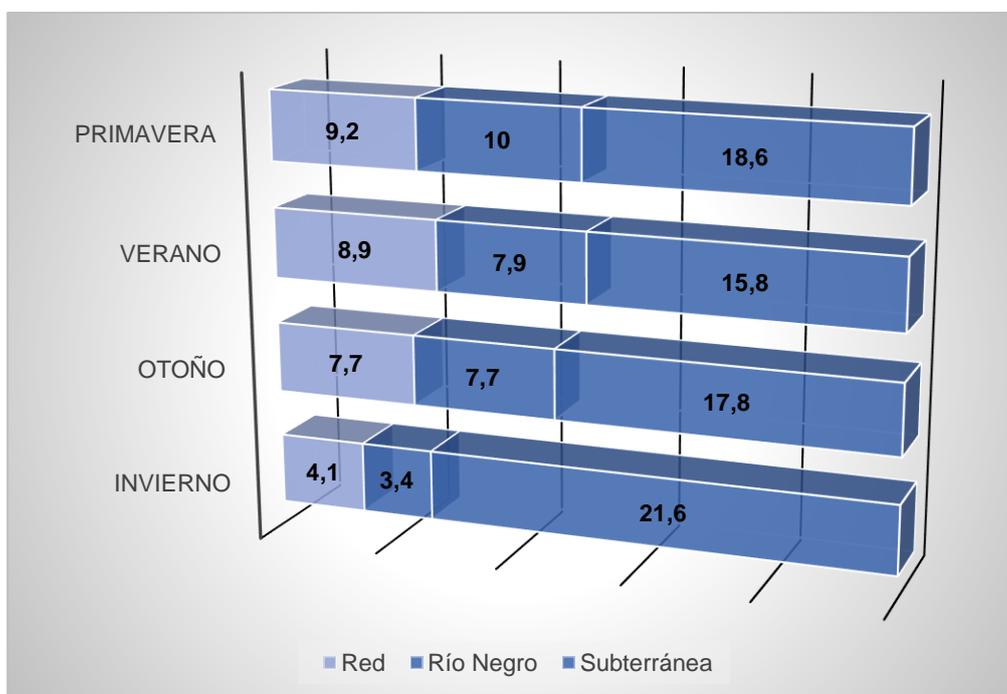


Figura 5.23. Comparaciones entre las concentraciones de Yodo en agua subterránea, de río y de red por estación del año

En la Figura (5.23) se observa claramente que la concentración de yodo en el agua de río y de red disminuye de primavera a invierno, siguiendo el mismo patrón estacional. Por el contrario, en el agua subterráneas la concentración de yodo disminuye de primavera a verano, aumenta hacia el otoño y aún más en invierno.

5.2.2.5.1.- Variación de TSH en una muestra poblacional por estación del año en el Alto Valle de Río Negro

Los datos de la tabla 5.37 fueron extraídos de una muestra poblacional analizada en el trabajo de "Efectos del fotoperiodo y la temperatura ambiental en los niveles plasmáticos de hormona estimulante de tiroides" (Villagrán De Rosso y colaboradores, 2013), los valores mensuales fueron promediados por estación del año.

Tabla 5.37. Variación de log TSH por estación del año

Parámetros	Estaciones del año			
	Primavera	Verano	Otoño	Invierno
Log. TSH prom ($\mu\text{UI/ml}$)	0,32	0,34	0,36	0,37

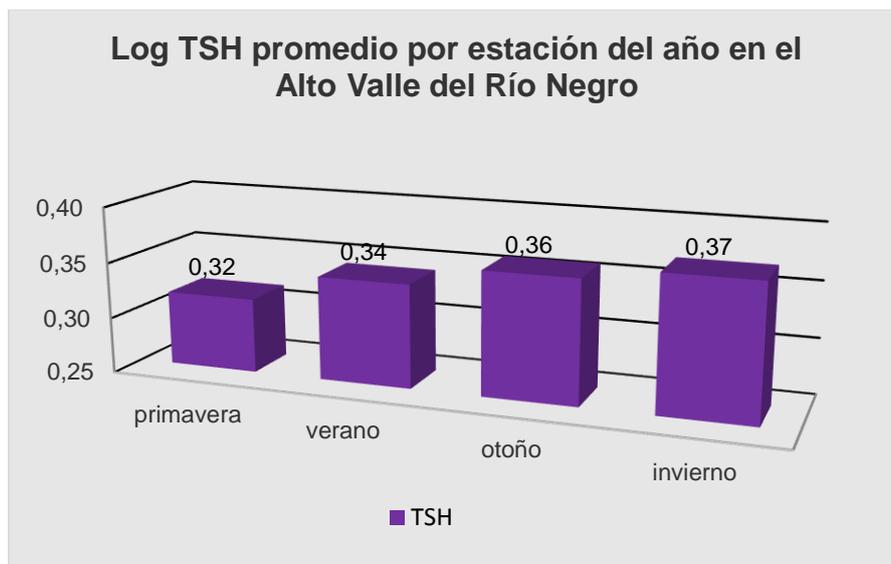


Figura 5.24. Variación de TSH por estación de año

Fuente: Efectos del fotoperiodo y la temperatura ambiental en los niveles plasmáticos de hormona estimulante de tiroides (Villagrán De Rosso EV y col., 2013)

En la Figura (5.24) se observa la variación de las medias del log. TSH durante las estaciones del año. En primavera se tiene el menor valor y va aumentando al llegar el verano y así al otoño hasta el invierno con el mayor valor de 0,37 $\mu\text{UI/ml}$.

5.2.2.5.2.- Relación entre concentración de yodo en agua del río Negro y log TSH de una muestra poblacional por estación del año en el Alto Valle de Río Negro

Tabla 5.38. Concentración de yodo en agua del río Negro y TSH por estación del año en el Alto Valle de Río Negro

Parámetros	Estaciones del año			
	Primavera	Verano	Otoño	Invierno
Log. TSH prom (μUI/ml)	0,32	0,34	0,36	0,37
Yodo (μg/L) Río	10±0,3	7,9±0,3	7,7±0,3	3,4±0,3

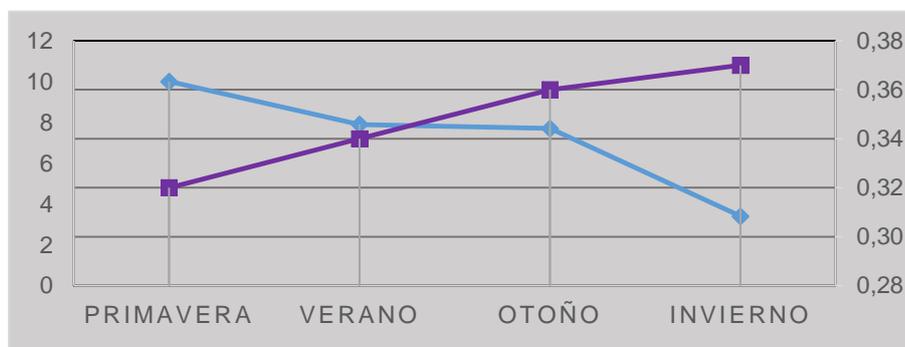


Figura 5.25. Relación entre concentración de yodo en agua del río Negro y log TSH poblacional por estación del año en el Alto Valle de Río Negro

En el estudio publicada por Villagrán De Rosso y colaboradores en el año 2013, se analizó el log TSH en una muestra poblacional y se observó que los valores aumentan de primavera a invierno contrariamente a lo que sucede con la concentración de yodo, que presenta el mayor valor en primavera, disminuyendo al llegar al invierno como muestra la Figura (5.25).

Se puede inferir que ambos parámetros siguen un patrón estacional, la concentración de yodo en agua del río Negro disminuye, mientras que el log. TSH aumenta. La gráfica sugiere que cuando menor es la concentración de yodo ambiental, mayor es el log. TSH en la población del Alto Valle.

5.2.2.5.3.-Relación entre concentración de yodo en agua de subterránea y log TSH en una muestra poblacional por estación del año en el Alto Valle de Río Negro

Tabla 5.39. Concentración de yodo en agua subterránea y log TSH por estación del año en el Alto Valle de Río Negro

Parámetros	Estaciones del año			
	Primavera	Verano	Otoño	Invierno
Log. TSH prom (μUI/ml)	0,32	0,34	0,36	0,37
Yodo (μg/L) Subterránea	18,6± 0,3	15,8± 0,3	17,8± 0,3	21,6± 0,3

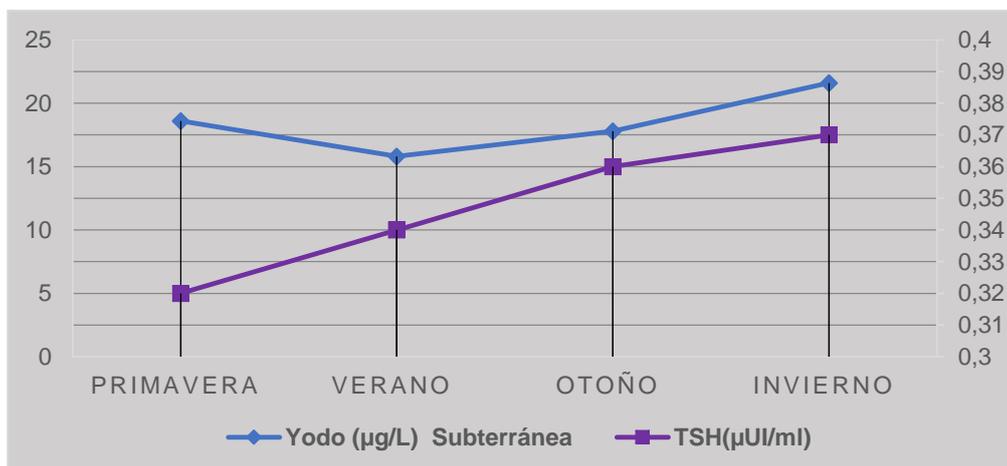


Figura 5.26. Relación entre la concentración de yodo en agua subterránea y log TSH por estación del año en el Alto Valle de Río Negro

Como muestra la Figura (5.26) la concentración de yodo en agua subterránea sugiere el mismo patrón de variación estacional que los valores del log TSH en una muestra poblacional, aumenta de primavera a verano seguido de otoño e invierno. De acuerdo al trabajo publicado (Villagrán De Rosso, E y colab.; 2013).

5.2.2.5.4.-Variación estacional de la concentración de yodo en las aguas del río Negro en relación con CIU en una población en el Alto Valle

Tabla 5.40. Concentración de yodo en agua de río Negro en relación con CIU por estación del año

Parámetros	Estaciones del año			
	Primavera	Verano	Otoño	Invierno
Yodo (µg/L) Río	10± 0,3	7,9± 0,3	7,7± 0,3	3,4± 0,3
CIU (µg/L)	207,37	193,9	183,6	157,01

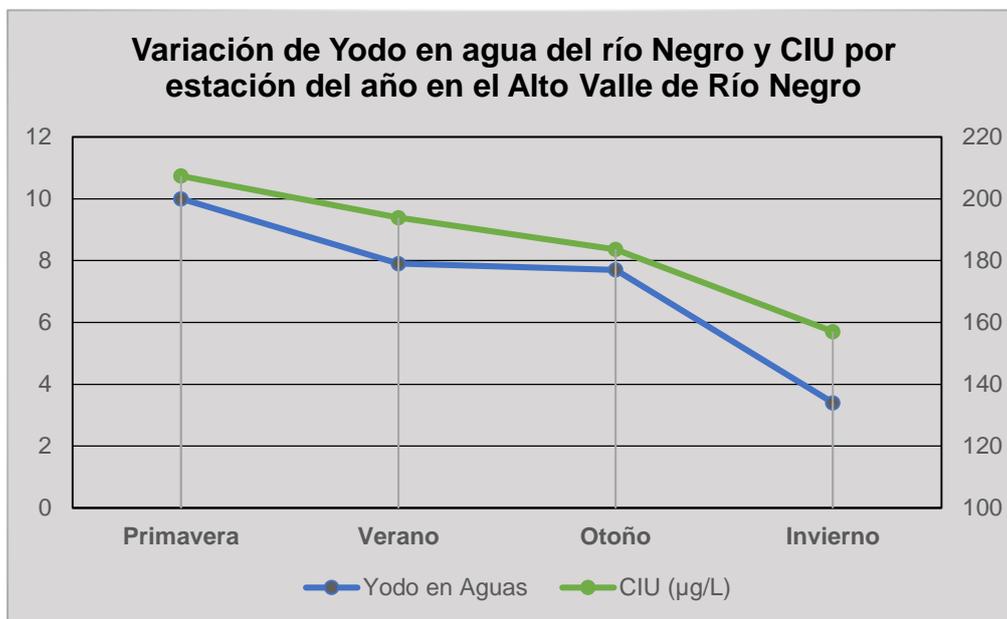


Figura 5.27. Relación entre la concentración de yodo en agua del río Negro en relación con CIU por estación del año

En la figura (5.27) se muestra la variación estacional de las concentraciones de yodo urinario, del trabajo de investigación "Variación estacional de la concentración urinaria de yodo en el organismo" (Bruera, R. y col.; 2018) presentando la misma variación estacional que las concentraciones de yodo en las aguas del río Negro.

5.3.-DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Según indica la OMS, los países de ingresos bajos y medianos son los que soportan mayor carga de enfermedades relacionadas con el medio ambiente; es por esto que entre las acciones para mejorar el ambiente en el que se desarrolla el transcurso de la vida de las personas se encuentra el cuidado del agua y la modificación del consumo de alimentos (con el objeto de reducir el uso de productos químicos nocivos, minimizar la producción de desechos y ahorrar energía). La crisis climática es una crisis de salud, el cambio climático provoca los desastres naturales más extremos, exacerba la desnutrición y alimenta la propagación de enfermedades infecciosas transmitidas por vectores (OMS, 2020). En este contexto, la investigación científica es esencial para la salud pública, una muestra de ello es la investigación realizada en Perú en relación a la deficiencia de yodo que promovió el hecho de que a partir de sus resultados se realizaran programas de salud pública (Pretell, E. 2017).

La incorporación de yodo en el organismo se produce a través del agua y los alimentos, su carencia en la dieta produce una serie de alteraciones definidas como desórdenes por deficiencia de yodo (DDI), entre ellos, la falta de yodo en el embarazo, genera alteraciones en el desarrollo fetal que son irreversibles y por ello, la yodación de la sal se ha convertido en un recurso valioso para su aporte nutricional (Rohner F y col.; 2014, Pretell E.; 2017).

Para mantener la función tiroidea normal en personas adultas sanas, la ingesta mínima de yodo recomendada es de 150 $\mu\text{g}/\text{d}$, de esta cantidad se requieren aproximadamente 50 a 70 μg por día para una adecuada síntesis de hormonas tiroideas. Para un análisis completo, debemos considerar que, en el metabolismo de las hormonas tiroideas, también está implicado el funcionamiento y la expresión de diversas proteínas y enzimas y que la función de algunas de ellas se encuentra relacionada a la ingesta de yodo (O`Kane S. y col.; 2020).

Los valores de referencia para la ingesta diaria del micronutriente, se establece para personas sanas y poblaciones en las que se realizan programas de control nutricional y son definidos considerando sexo, edad, y estado fisiológico. Un concepto emergente sobre el que es necesario interpelar desde el cuidado de la salud humana, es la importancia de la nutrición en aspectos de prevención de enfermedades crónicas

ya que, en ellas, los mecanismos bioquímicos alterados podrían causar una necesidad diferente de algunos nutrientes esenciales y no esenciales (Stover P. y col; 2020).

En este trabajo se analizó el yodo en el agua, un nutriente esencial debido a su rol como componente de las hormonas tiroideas que debe ser obtenido de las fuentes dietarias. El estatus de yodo en la población, no solamente se relaciona a factores socioeconómicos, sino que también la geografía ya que el contenido de yodo en los alimentos locales, depende de la cantidad de yodo en los suelos donde se cultiva y del agua, lo que podría resultar en deficiencia de yodo en plantas y animales (Rohner F.; 2014).

Los parámetros ambientales podrían ser modificados por el accionar del hombre, entre ellos se puede mencionar la modificación de los cursos de agua, contaminación del aire, vertido de desechos químicos a los ríos o arroyos que modifiquen su pH o que sean en sí mismos nocivos para la salud humana.

La hipótesis de este trabajo fue que la variación estacional de yodo en aguas del Alto Valle muestra relación con los valores de TSH y CIU en personas que residen en esta área geográfica. La relación con los valores de TSH se estableció por ser ésta una hormona secretada por la glándula pituitaria anterior que regula la síntesis y secreción de hormonas T_4 y T_3 por la glándula tiroides. El aumento de TSH indica una disminución de la concentración de las hormonas tiroideas (hipotiroidismo) y su disminución se relaciona a concentraciones de hormonas tiroideas elevadas (hipertiroidismo y tirotoxicosis). El análisis de CIU, se realizó debido a que dicho parámetro ha sido ampliamente utilizado para conocer el estatus de yodo de las poblaciones, especialmente de niños en edad escolar (Rohner F y col.; 2014). Siendo que el yodo en orina se presenta como un indicador bioquímico eficaz para determinar la ingesta reciente de yodo, se propuso una mediana de la CIU de 100 $\mu\text{g/L}$ por debajo de la cual se puede determinar su carencia, estimándola en tres niveles de gravedad, leve, moderada o grave (OMS, 2014).

En estudios relacionados a la TSH y funcionamiento de la hormona tiroidea realizados por Villagrán De Rosso, E. y col. en el año 2013 y de CIU (datos del mismo grupo de investigación aún no publicados, aceptados para su publicación por la

Revista Argentina de Endocrinología Médica en el 2020) se determinó que ambos presentan variaciones estacionales. Este trabajo propone analizar su relación al ambiente, considerando los valores de la concentración de yodo contenida en el agua del Alto Valle de Río Negro en las diferentes estaciones del año.

En su trabajo de investigación sobre la determinación de yodo total en el hemisferio sur Negri (2011), sugiere una fuerte dependencia de la concentración yodo en la región Patagónica con los vientos del Pacífico ya que los mismos contribuyen sustancialmente como fuente de yodo. El autor, indica que las intensas corrientes de aire occidental permiten la entrada de aire del Pacífico sobre las montañas del sur de los Andes (cuya altura es mucho más baja que en el centro de Argentina). En el Alto Valle los vientos más intensos se producen en los meses de primavera y verano con una dirección predominante de Oeste - Sudoeste (EEA Alto Valle; 2015), los mismos favorecen una entrada de yodo que luego se depositará en las aguas del río en las estaciones de primavera y verano.

La población que habita en el Alto Valle en la provincia de Río Negro vive en la zona urbana y rural con un clima semiárido, estaciones del año muy marcadas por las temperaturas, las amplitudes térmicas y las horas de luz. Las precipitaciones son escasas con un mayor volumen caído en el otoño, influenciando al caudal del río Negro como también lo hacen los deshielos cordilleranos en la primavera. En relación al agua que consumen los habitantes de la región, la misma proviene del río Negro o de aguas subterráneas, dependiendo de la ciudad y zona en donde viven.

Para la realización de este trabajo de tesis, se tomaron registros de la temperatura del ambiente y del agua y del pH del agua, y se realizó un análisis de la concentración de yodo en muestras de agua en el río, subterránea y de red en cada estación del año de las ciudades de Cipolletti, Allen General Roca y Villa Regina.

En relación a los datos obtenidos de temperatura ambiente, tanto las temperaturas medias mínimas y máximas son semejantes en primavera y otoño y hay 13.5 °C de diferencia en la temperatura mínima entre verano e invierno. La amplitud térmica es semejante tanto en la zona urbana como rural en primavera y otoño y es mayor en verano que en invierno tanto en la zona rural como urbana.

La cantidad de horas de luz se asemeja en primavera y verano (13.50 h. vs 13.49 h), y en otoño e invierno (10.27 h vs 10.25 h) encontrándose una diferencia mayor entre verano e invierno, de 3 h, 32 m.

En cuanto a las precipitaciones, en el tiempo de estudio los mayores registros se encontraron en primavera (68.4 mm) y otoño (176.2 mm).

Según los datos obtenidos, la concentración de yodo en todas las estaciones del año en el Alto Valle en las aguas subterráneas es mayor que la del agua del río Negro. Esto concuerda con datos de la literatura que indican que las aguas subterráneas son más enriquecidas en yodo que las aguas superficiales (Whitehead, D.; 1984; Johnson, C.; 2003). Coincidentemente, Fuge, R. y col. (2015) mencionan que, en la zona, el enriquecimiento en yodo del agua subterránea podría verse favorecido por su pH que es de 7.75 a 8.60 y probablemente también se encuentre influenciado por los suelos de origen cretácico, con restos de sedimentos marinos. Morán, J. y col. (2002) señalan la fuerte influencia de la geología con ríos que drenan áreas de rocas sedimentarias que tienen alto contenido de yodo, tal como ocurre en el Alto Valle, lo que justificaría el alto contenido de yodo en las aguas subterráneas. Del muestreo se obtuvieron concentraciones promedios de $18.6 \pm 0.3 \mu\text{g/L}$ en primavera, $15.8 \pm 0.3 \mu\text{g/L}$ en verano, $17.8 \pm 0.3 \mu\text{g/L}$ en otoño y $21.6 \pm 0.3 \mu\text{g/L}$ en invierno.

Las concentraciones de yodo en agua del río Negro encontradas en este estudio son de $10 \pm 0.3 \mu\text{g/L}$ en primavera, $7.9 \pm 0.3 \mu\text{g/L}$ en verano, $7.7 \pm 0.3 \mu\text{g/L}$ en otoño y $3.4 \pm 0.3 \mu\text{g/L}$ en invierno. Negri, A y col. (2013) publicaron en el agua del río Negro valores de la concentración de yodo de $3.53 \pm 0.17 \mu\text{g/L}$. El río Negro contiene aguas carbonatadas y un pH alcalino, esto coincide con corrientes que drenan áreas de litologías de carbonatos más enriquecidas en yodo, que en aquellas que drenan áreas sin carbonatos (Fuge, R 1989; Korobova, 2010).

Los valores obtenidos en el agua del río se asemejan a los obtenidos en agua de red: de $9.2 \pm 0.3 \mu\text{g/L}$ en primavera, $8.9 \pm 0.3 \mu\text{g/L}$ en verano, $7.7 \pm 0.3 \mu\text{g/L}$ en otoño y 4.1 ± 0.3 en invierno. En el caso de río o de red, el contenido es mayor en primavera que en invierno, y podría relacionarse a que los vientos más intensos

contribuyen al aumento de yodo en el agua en primavera, tal como se mencionó anteriormente.

En aguas subterráneas, las modificaciones siguen el mismo patrón que en agua de río y red, pero en sentido inverso, aumentando de primavera a invierno. Esto podría estar relacionado a que en los meses de primavera al otoño se realiza el riego de la producción frutihortícola en las zonas rurales. Dicha práctica va acompañada de infiltraciones y retención de agua en los suelos, arenosos y permeables. Las aguas subterráneas aumentan su volumen y con ello la dilución de los iones disueltos, como el caso del yoduro (I⁻).

Finalmente, al analizar las modificaciones ambientales, en la concentración de yodo en agua, los valores de TSH en los habitantes y la CIU; la disminución de las horas de luz y el aumento de la concentración de yodo en el agua subterránea es coincidente con el aumento en los valores de TSH de primavera a invierno. Es importante destacar que el grupo de personas estudiado, se corresponde a individuos sin patología tiroidea, en los que las modificaciones encontradas en los valores de TSH se encuentran en un rango de valores considerado dentro de valores normales para esa población.

En cuanto a la CIU en el grupo analizado, la misma varía disminuyendo de primavera a invierno al igual que la concentración de yodo en agua de río y de red.

Los datos obtenidos en este trabajo podrán ser de utilidad al analizar el aporte proveniente del agua de consumo en los grupos de población que residen a la vera del río Negro en el Alto Valle en las diferentes estaciones del año.

CONCLUSIONES

La novedad de esta investigación radica en que es el primer estudio sistemático ambiental que determina concentración de yodo en aguas de la región del Alto Valle de Río Negro en las cuatro estaciones del año.

La variación estacional de la concentración de yodo en agua de consumo se puede justificar con la dependencia de la dinámica ambiental, temperaturas, vientos, latitud, longitud y posición geográfica del Alto Valle de Río Negro.

Asimismo, aporta valores de referencia como punto de partida para complementar el análisis de la influencia del ambiente al metabolismo del yodo en personas que viven en la región, así como la relación entre la variación estacional de TSH, CIU y factores ambientales.

Siendo que la disminución en la incorporación de yodo proveniente de la dieta (agua y alimentos) se relaciona a la disminución de la CIU, los datos obtenidos de este trabajo, en los que se relacionan ambos parámetros con el contenido en agua del río, de red y subterránea, podrán ser de utilidad al analizar el aporte proveniente del agua de consumo en la población que reside a la vera del río Negro en las diferentes estaciones del año.

La importancia de conocer la influencia del ambiente radica en que se ha estimado que dos billones de personas tienen deficiencia de yodo y que esta no solo está confinada a los países en desarrollo. Es frecuente que coexista una deficiencia del micronutriente, lo que podría afectar el crecimiento físico, la función cerebral y el desarrollo neuronal y podría incrementar el riesgo de morbilidad y mortalidad.

Aproximadamente un tercio de la población mundial es deficiente en uno o más micronutrientes. El conocimiento de la dinámica ambiental y de su aporte a los aspectos fisiológicos del desarrollo son relevantes para la salud de la población.

BIBLIOGRAFIA

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- **.Aguas Rionegrinas SA** <https://aguasrionegrinas.com/ar>.
- **Ahlersová E, Ahlers I, Kassayová M, Smajda B. (1997).** Circadian oscillations of serum thyroid hormones in the laboratory rat: the effect of photoperiods. *Physiol Res.*,46(6),443-449.
- **Amachi, S., 2008.** Microbial contribution to global iodine cycling: volatilisation,
- **Apha-Awwa-Wef (2005).** Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 21th Edition. New York, 2-61 y 2-62.
- **Autoridad Interjurisdiccional de Cuencas de los Ríos Limay, Neuquén y Negro.** Disponible en línea en: <http://www.aic.gov.ar>
- **Barrera, C. A. B., Fernández, J. M. M., Baena, R. M. G., & Gómez, M. L. C. (2017).** Valores de pruebas tiroideas (TSH y T4 libre) en una población adulta de la ciudad de Medellín, Colombia. *Revista Colombiana de Endocrinología, Diabetes & Metabolismo*, 2(4), 20-24.
- **Bertrand B, Vespasiano A, Ferrería J, Zuin ME, Villagrán De Rosso EV, Bernatené D, Sartorio, G.; Niepomnische, H (2004).** Monitoreo de DDI en el Alto Valle en el 2001, *Revista Argentina de Endocrinología y Metabolismo*, 41(3),171-76.
- **Boland, H. P., Gil, M. I., Labollita, H. A., Laurenzano, B., Novelli, M., Ramos, J., & Reyes, P. (2007).** Monitoreo de Agroquímicos en áreas bajo riego de los Ríos Limay, Neuquén y Negro. *Autoridad Interjurisdiccional de las Cuencas de los Ríos Limay, Neuquén y Negro*.
- **Brito Garcia N, Serra Majem L (2012)** Micronutrient recommendations and policies in Spain: the cases of iodine, folic acid and vitamin D. *Nutr Hosp.*; 27:1610–8.
- **Bruera Rossana, Chiapella Graciela, Gonzalez Stella, Desimoni Verónica, Villagrán De Rosso Elena, Sánchez Susana (2018)** Variación estacional de la concentración urinaria de yodo en el organismo "Congreso FAFEMP 2018"
- **Campo Mayor, A. D. (2017).** Métodos analíticos existentes para determinar el estado nutricional en yodo en la población. (pag.11- 18)
- **Carpenter, L.J., MacDonald, S.M., Shaw, M.D., Kumar, R., Saunders, R.W.,**

- **Casanueva, E., Kaufer-Horwitz, M., Pérez-Lizaur, A. B., & Arroyo, P. (2001).** Evaluación del Estado Nutricion. *Nutriología Médica. Panamericana. México*, 597-627.
- **Cogliati, M., & Mazzeo, N. A. (1999).** Climatología del viento en el Alto Valle del Río Negro. *Energías Renovables y Medio Ambiente*, 3, 181-184.
- **Crockford, S. J. (2009).** Evolutionary roots of iodine and thyroid hormones in cell–cell signaling. *Integrative and comparative biology*, 49(2), 155-166.
- **Crockford, S.J. (2008)** Creating a 21st Century Darwinian Paradigm. online Anthropology Dept. University of Victoria, British Columbia.
- **Delange, F. (2005).** Epidemiology and impact of iodine deficiency in pediatrics. *Journal of Pediatric Endocrinology and Metabolism*, 18(Supplement), 1245-1252.
- **Díaz Huertas, JA, Campo Barasoain, A, Muñoz Calvo, M, Maldonado, J. (2007)** Prevención del déficit de yodo en la infancia: un problema de salud pública. En: Diaz Huertas JA, Benítez Roberto M, Hoyos A M, Ruiz Díaz M, Ruiz, ed. Aspectos relativos a la salud de la infancia y de la adolescencia. Madrid: Ministerio de Sanidad y Consumo. pp: 179–202.
- **Díaz, R. E., Véliz, J., & Wohlk, N. (2015).** Laboratorio de hormonas: aspectos prácticos. *Revista Médica Clínica Las Condes*, 26(6), 776-787.
- **Englund, E., Aldahan, A., Hou, X., Possnert, G., Söderström, C., 2010.** Iodine (I-129 and I-127) in aerosols from northern Europe. *Nucl. Instrum. Meth. Phys. Res.Sect. B Beam Interact. Mater. Atoms* 268, 1139e1141.
- **Escala, Anahi (2011).** La gestión de recursos hídricos frente al cambio climático en la zona del Alto Valle de Río Negro.
- **Forero-Saldarriaga, S., Puerta-Rojas, J. D., & Correa-Parra, L. (2020).** Interpretation of thyroid function tests. *Medicina & Laboratorio*, 24(2), 93-109.
- **Fuge, R. & Johnson, C.C. (1986).** La geoquímica del yodo: una revisión. *Geoquímica ambiental y salud*, 8 (2), 31-54.
- **Fuge, R. & Johnson, CC (2015).** El yodo y la salud humana, el papel de la geoquímica ambiental y la dieta, una revisión. *Geoquímica Aplicada* , 63 , 282-302.

- **Fuge, R. (1987).** Yodo en el medio ambiente: su distribución y relación con la salud humana. En *Sustancias traza en salud ambiental-XXI*.
- **Fuge, R., Long, A.M., (1989).** Iodine in the soils of north Derbyshire. *Environ. Geochem. Health* 11, 25e29.
- **Garland, J.A., Curtis, H., 1981.** Emission of iodine from the sea surface in the presence of ozone. *J. Geophys. Res.* 86, 3183e3186.
- **Godagnone, R., & Bran, D. E. (2008).** Inventario integrado de los recursos naturales de la Provincia de Río Negro: geología, hidrogeología, geomorfología, suelos, clima, vegetación y fauna
- **Gómez Orea, D. (1999).** Evaluación del impacto ambiental: Un instrumento preventivo para la gestión ambiental. In *Evaluación del impacto ambiental: un instrumento preventivo para la gestión ambiental*. Mundi-Prensa Agrícola Española.
- **Gómez, D. (2003).** Evaluación de impacto ambiental: un instrumento preventivo para la gestión ambiental. *Mundi-Prensa Libros*.
- **González Morinigo, É. C., Ferrero, V. L., Bonel, N. S., Bontempi, M. E., Ogdon, G., & Nuñez, L. N. (2014).** Boletín agrometeorológico mensual: enero 2014 [Vol. 1].
- **González Morinigo, É. C., Ferrero, V. L., Bonel, N. S., Bontempi, M. E., Ogdon, G., & Nuñez, L. N. (2014).** Boletín agrometeorológico mensual: enero 2014 [Vol. 1].
- **Grobmann, K., Frieß, U., Peters, E., Wittrock, F., Lampel, J., Yilmaz, S., Tschritter, J., Sommariva, R., von Glasow, R., Quack, B., Krüger, K., Pfeilsticker, K., Platt, U., 2013.** Iodine monoxide in the western Pacific marine boundary layer. *Atmos. Chem. Phys.* 13, 3363e3378.
- **Incolla, J. (1955).** El bocio-cretinismo endémico. *Carta del contenido de yodo de las aguas argentinas de bebida de la R. Argentina Rev OSAN*, 19(164), 557-1955.
- **Jameson, J.L., Weetman, A.P. Síntesis de hormonas tiroideas (2008).** Capítulo 332: principios de endocrinología. Harrison. Principios de Medicina Interna. Vol. II. 17ª edición. Mc Graw Hill.

- **Jones, C.E., Hornsby, K.E., Sommariva, R., Dunk, R.M., von Glasow, R., McFiggans, G., Carpenter, L.J., 2010.** Quantifying the contribution of marine organic gases to atmospheric iodine. *Geophys. Res. Lett.* 37, L18804. <http://dx.doi.org/10.1029/2010GL043990>.
- **Ladenson PW, Singer PA, Ain KB, Bagchi N, Bigos ST, Levy EG, Smith SA, Daniels GH (2000).** American Thyroid Association Guidelines for Detection of Thyroid Dysfunction, *Arch Int Med.* 160(12), 1573-76.
- **Latham, M. C. (2002).** *Nutrición humana: en el mundo en desarrollo* (Vol. 29). Roma, Italia: Fao.
- **Mahajan, A.S., Gomez Martín, J.C., Hay, T.D., Royer, S.-J., Yvon-Lewis, S., Liu, Y., Hu, L., Prados-Roman, C., Ordonez, C., Plane, J.M.C., Saiz-Lopez, A., 2012.** Latitudinal distribution of reactive iodine in the Eastern Pacific and its link to open ocean sources. *Atmos. Chem. Phys.* 12, 11609e11617.
- **Mahajan, A.S., Shaw, M., Oetjen, H., Hornsby, K.E., Carpenter, L.J., Kaleschke, L., Tian-Kunze, X., Lee, J.D., Moller, S.J., Edwards, P., Commane, R., Ingham, T., Heard, D.E., Plane, J.M.C., 2010.** Evidence of reactive iodine chemistry in the Arctic boundary layer. *J. Geophys. Res.* 115, D20303. <http://dx.doi.org/10.1029/2009JD013665>
- **Moran, J.E., Oktay, S.D., Santschi, P.H., (2002).** Sources of iodine and iodine 129 in rivers. *Water Resour. Res.* 38, 1149. <http://dx.doi.org/10.1029/2001WR000622>.
- **Moreda-Pineiro, A., Romaris-Hortas, V. y Bermejo-Barrera, P. (2011).** Una revisión sobre la especiación de yodo para campos ambientales, biológicos y nutricionales. *Revista de espectrometría atómica analítica*, 26 (11), 2107-2152.
- **Negri, A. E., Fernández Niello, J. O., Wallner, A., Arazi, A., Fifield, L. K., & Tims, S. G. (2013).** 129I dispersion in Argentina: concentrations in fresh and marine water and deposition fluxes in patagonia. *Environmental science & technology*, 47(17), 9693-9698.
- **Network, I. G. (2015).** Global iodine nutrition scorecard 2015. *Iodine Global Network: Zurich, Switzerland.*
- **O'Kane, SM, Mulhern, MS, Pourshahidi, LK, Strain, JJ y Yeates, AJ (2018).** Micronutrientes, estado de yodo y concentraciones de hormonas tiroideas: una

revisión sistemática. *Revisión de nutrición*, 76 (6), 418-431.
<https://doi.org/10.1093/nutrit/nuy008>

- **OMS, 2014.** Concentraciones de yodo en orina para establecer el estado nutricional de yodo en las poblaciones. Disponible en: https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/130836/WHO_NMH_NHD_EPG_14.3_spa.pdf?ua=1
- **OMS, 2020** disponible en <https://www.who.int/globalchange/climate/es/>.
- **Orea, D. G., & Villarino, M. T. G. (2013).** *Evaluación de impacto ambiental*. Mundi-Prensa Libros.
- **Parthipan, R., Wilson, J., Plane, J.M.C., 2013.** Atmospheric iodine levels influenced by sea surface emissions of inorganic iodine. *Nat. Geosci.* 6, 108e111
- **Pearce, E. N., Andersson, M., & Zimmermann, M. B. (2013).** Global iodine nutrition: where do we stand in 2013? *Thyroid*, 23(5), 523-528.
- **Prates, L. (2008).** Los antiguos habitantes del río Negro desde una visión arqueológica. *Ediciones de la Sociedad Argentina de Antropología, Buenos Aires*.
- **Pretell, E. (1999).** Consenso sobre los desórdenes por deficiencia de yodo en Latinoamérica. Criterios de evaluación y monitoreo para su erradicación sostenida. *Revista Cubana Endocrinol*, 10(2), 146-156.
- **Pretell, E., Niepomnische, H. (2009).** Persiste la deficiencia de yodo en el norte de Argentina. *Boletín IDD* 1/2009.
- **Pretell, E. A. (2017).** De la investigación científica al diseño de políticas de salud: la experiencia con la eliminación de la deficiencia de yodo en Perú. *Revista Peruana de Medicina Experimental y Salud Pública*, 34, 538-543.
- **Pretell, Eduardo A. (2017).** De la investigación científica al diseño de políticas de salud: la experiencia con la eliminación de la deficiencia de yodo en Perú. *Revista Peruana de Medicina Experimental y Salud Publica*, 34(3), 528-537
<https://dx.doi.org/10.17843/rpmesp.2017.343.2861>
- **Pulita, Alicia (2013).** Geografía de Rio Negro. Cima de Rio Negro. Unidad III
- **Rohner F, Zimmermann M, Jooste P, Pandav C, Caldwell K, Raghavan R, Raiten DJ (2014).** Biomarkers of nutrition for development--iodine review. *J*

Nutr. 144(8):1322S-1342S. doi: 10.3945/jn.113.181974. Epub 2014 Jun 25. PMID: 24966410; PMCID: PMC4093988.

- **Rohner, F., Zimmermann, M., Jooste, P., Pandav, C., Caldwell, K., Raghavan, R. y Raiten, DJ (2014).** Biomarcadores de la nutrición para el desarrollo: revisión del yodo. *The Journal of Nutrition*, 144 (8), 1322S-1342S. (3)
- **Romero, P. E., & González, E. M. G. M. H. (2012)** Patrones de temperatura de mar y circulación atmosférica asociados a eventos húmedos y secos en el Comahue.
- **Saiz-Lopez, A., Blaszczak-Boxe, C.S., Carpenter, L.J., 2015.** A mechanism for biologically-induced iodine emissions from sea-ice. *Atmos. Chem. Phys. Discuss.*15, 10257e10297.
- **Saiz-Lopez, A., Chance, K., Liu, X., Kurosu, T.P., Sander, S.P., 2007a.** First observations of iodine oxide from space. *Geophys. Res. Lett.* 34, L12812.
- **Salvaneschi, J. P., & García, J. R. (2009).** El bocio endémico en la República Argentina Antecedentes, extensión y magnitud de la endemia, antes y después del empleo de la sal enriquecida con yodo: Segunda Parte. *Revista argentina de endocrinología y metabolismo*, 46(2), 35-57.
- **Secretaría de Gestión Ambiental del Comahue.** Autoridad Interjurisdiccional de las Cuencas de los ríos Limay, Neuquén y Negro (**AIC**).
- **Servicio de Hidrología Naval Argentina (2014).** Ministerio de defensa. Argentina
- **Sharma, R., Bharti, S. y Kumar, KH (2014).** Dieta y mitos tiroideos y hechos. *Journal of Medical Nutrition and Nutraceuticals* 3 (2), 60.
- **Sierra, C. A. S., Bertel, M. E. C., & Barrios, R. L. A. (2013).** Manual de métodos analíticos para la determinación de parámetros fisicoquímicos básicos en aguas. *Cartegana de Indias*.
- **Stover, PJ, Garza, C., Durga, J. y Field, MS (2020).** Conceptos emergentes en necesidades de nutrientes. *The Journal of Nutrition*, 150 (Suplemento_1), 2593S-2601S.
- **Subsecretaría de Recursos Hídricos de la Nación, Secretaría de Obras Públicas, Ministerio de Planificación Federal, Inversión Pública y**

Servicios. Disponible en línea (2014) en:
http://www.hidricosargentina.gov.ar/cuencas_comite.php?seccion=comite&item=3

- **Toro, C. G. (2011).** Monitoreo de la Calidad del agua. *La turbidez*.
- **van Bergeijk, S. A., Javier, L. H., Hors, J. P. C., Javier, L. H., van Bergeijk, S. A., Cañavate, J. P., ... & Cañavate, J. P. (2004).** Uptake of iodide in the marine haptophyte *Isochrysis aff. galbana* (T-ISO). *Chem. Phys*, 10, 6237-6254.
- **Villagrán De Rosso EV, Elizondo CM, Posadas Martínez ML, Giunta D, Barragán EI, Sánchez,SB (2013).** Efectos del fotoperiodo y la temperatura ambiental en los niveles plasmáticos de hormona estimulante de tiroides (TSH). *Revista Argentina de Endocrinología y Metabolismo*, 50 (3),167-169.
- **Whitehead, D.C., 1984.** The distribution and transformations of iodine in the environment. *Environ. Intern.* 10, 321e339.
- **World Health Organization. (2007).** Assessment of iodine deficiency disorders and monitoring their elimination: a guide for programmer managers.