

# Estudio de los Recursos Energéticos de La Provincia de La Rioja República Argentina (2005-2010).

## Gestión de Calidad, Calidad Ambiental y Responsabilidad Social Empresaria

Nicolas, ariel\*, Viel jorge, Cadena, carlos<sup>1</sup>, Hoyos, daniel<sup>1</sup>,  
Juárez Castelló, manuel<sup>2</sup>, López González, luis<sup>2</sup>

\* *Universidad Nacional de la Rioja, ITIDI - Instituto Tecnológico de Investigación y Desarrollo Industrial - Av. Luis M. de la Fuente S/N, La Rioja CP 5300, Argentina.*

[itidi@unlar.edu.ar](mailto:itidi@unlar.edu.ar) - [anicolas@unlar.edu.ar](mailto:anicolas@unlar.edu.ar) - [jviel@unlar.edu.ar](mailto:jviel@unlar.edu.ar)

<sup>1</sup> *Universidad Nacional de Salta, INENCO - Instituto de Investigaciones en Energías No Convencionales – Av. Bolivia 5150, Salta CP 4400, Argentina.*

<sup>2</sup> *Universidad de la Rioja, Departamento de Ingeniería Mecánica – E.T.S. de Ingeniería Industrial de Logroño - Luis de Ulloa 20 CP 26004, La Rioja – España*

### RESUMEN

El uso racional de la Energía y la migración hacia el aprovechamiento de las Energías Renovables, es un tema que está en la agenda de todos los países del mundo. En nuestro país la crisis energética provocó que se intensificaran las políticas que permiten las investigaciones en esta temática con el afán de obtener energías de manera limpia, aprovechando los recursos renovables de cada región. Las provincias destacadas en trabajos de investigación afines como Salta, San Juan, Mendoza, Córdoba, Buenos Aires y la Región Patagónica son los referentes a nivel País. Para el caso particular de La Provincia de La Rioja, no existen trabajos relacionados en esta temática debido a actuaciones más urgentes como los son la salud, educación, seguridad, etc. El presente trabajo se ocupa de relevar los estados actuales de conocimiento sobre el potencial de las energías renovables que tiene la Provincia de La Rioja con el objetivo establecer las bases de información para evaluar los Recursos Energéticos de La Provincia, tanto los renovables como los no renovables, evaluar las posibilidades de potenciación y mejor utilización de las fuentes energéticas no explotadas, particularmente las renovables. También se pretende proporcionar a las autoridades, organismos, empresas y, en general a los ciudadanos, un documento que promueva el intercambio de pareceres y experiencias que contribuya a la optimización en la utilización de la energía y la mejora del medio ambiente. La metodología tomada para el presente trabajo fue la de relevamiento de datos existentes a través de la consulta en los organismos relacionados, documentos oficiales y la medición de distintas variables meteorológicas, a través de estaciones meteorológicas distribuidas en la Provincia de La Rioja. La Rioja dispone de un potencial energético renovable significativo con grandes posibilidades de aplicación.

**Palabras Claves:** Energía - Renovable - Optimización - La Rioja

### ABSTRACT

Rational energy consuming and renewable energy exploitation tendencies are two dimensional topics in every world countries' agenda. Energy crisis in Argentina has fostered research in the field and in this way raise clean energy production on each region's renewable resources. Salta, San Juan, Mendoza, Córdoba, Buenos Aires and Patagonia Region, are to be leading reference in the research field in our country. However; there is no such reference in La Rioja since there are other focused policies on health, education, security, etc. issues. The present work will enquire on the renewable energy potentials La Rioja owns so as to set out information basis to assess La Rioja renewable and non-renewable Energy Resources. Among its main objectives, this work aims to be a leading reference basis for a future valuation on energetic improvement possibilities and better use of non-exploited energy sources, with a specific focus on the renewable ones. Moreover, officials, organizations, companies, and general citizens will be provided with an instrument to foster energy consuming optimization and environment improvement. This work methodology is an actual data-based survey carried out through related organizations, official documents and different meteorological variables analysis in widespread meteorological centers in La Rioja Province. It is an important fact that La Rioja has renewable energy source exploitation possibilities with significant future implications on the regional energy production.

Key words: energy – renewable – optimization – La Rioja

## 1. INTRODUCCIÓN

Las alteraciones del mercado de la energía, con sus repercusiones negativas en el desarrollo económico, dieron lugar a que muchos países y regiones empezaran a replantearse sus políticas energéticas, dedicando una mayor atención a la forma en que la energía es consumida en los diferentes servicios y sistemas productivos. En definitiva, nació la necesidad de la conservación de la energía, entendida en el sentido del ahorro y de una utilización más eficiente de la misma, sin detrimento del crecimiento económico y del aumento del nivel de vida. En nuestra región, los gobiernos han definido políticas para el uso de energías limpias y la búsqueda de diferentes tipos de energías renovables. No obstante, han sido varios los obstáculos que se han presentado, tales como:

- Falta de una información suficientemente detallada y fiable sobre la demanda y su estructura y sobre el potencial de ahorro energético.
- Métodos e instrumentos poco elaborados que permitan analizar y prever la evolución del sector energético.
- La compleja situación en La República Argentina, que ha impedido acometer actuaciones específicas en las Provincias anteponiendo otras actuaciones más urgentes.
- Conocimiento no lo suficientemente preciso sobre los recursos energéticos, particularmente de energías renovables y el potencial de utilización de las mismas.

En el año 2010 y en el marco de mi estudio de Doctorado, se presentó el trabajo “Estudio de los Recursos Energéticos de La Provincia de La Rioja República Argentina (2005 -2010)”. Con el mismo obtuve la Suficiencia Investigadora y el Diploma de Estudios Avanzados (DEA) por la Universidad de La Rioja, España. Luego en el año 2011, y entendiendo la necesidad de continuar trabajando sobre el tema, me incorporé al proyecto de investigación “Análisis y Caracterización del Consumo de Energía (2005-2010), Plan Energético de la Provincia de La Rioja”, en calidad de codirector, el cual fue formalmente aprobado por la Universidad Nacional de la Rioja bajo el código 27/A51. En este momento ese proyecto se encuentra en su etapa final de desarrollo y, debido a los retrasos iniciales en la aprobación y asignación de fondos, se está trabajando en la actualización de los datos de potencial de energía del período 2005-2013 lo que permitirá ampliar la serie de estudio y enriquecer el mismo.

La metodología utilizada es de análisis de datos históricos y descriptivos de los datos cuantitativos obtenidos de fuentes de datos oficiales y también de relevamiento de variables medidas a través de estaciones meteorológicas distribuidas en la región de la provincia.

## 2. CARACTERÍSTICAS CLIMATOLÓGICAS DE LA PROVINCIA DE LA RIOJA

### 2.1. Generalidades

La Rioja es una provincia continental, es decir que se encuentra lejos del Atlántico y del Pacífico. La fuerte radiación solar y la escasa humedad determinan su clima semiárido. Se distinguen con claridad una región noroeste montañosa y otra sudeste llana y arenosa. Cada una de estas regiones presenta distintas características climáticas, como así también diversos tipos de vegetación.

Un territorio tan variado en su conformación ofrece condiciones climáticas igualmente diversas. El rasgo constante es la aridez.

En las sierras el clima es cálido, con inviernos tibios (temperatura media 12,4°C) y veranos calurosos (temperatura media 25°C). Ocasionalmente pueden alcanzarse los extremos térmicos estacionales de 7°C y 43°C, propios del clima continental y que son más frecuentes en los llanos. El brillo solar es intenso y el aire seco y limpio por lo cual las amplitudes térmicas diurnas son importantes, alrededor de 20°C en invierno.

La humedad relativa media de 57% y las precipitaciones medias son de 385 mm, con el 80 % concentrado en verano, generalmente con lluvias torrenciales (aguaceros).

El viento característico es el zonda, seco y caliente, que corre especialmente en primavera. En los arenales son frecuentes los remolinos.

En la Cordillera según la altitud, las temperaturas disminuyen con respecto a las sierras. El invierno es riguroso, pero en horas de sol se produce considerable amplitud térmica. Hay nieve sobre los 5.500 metros y las precipitaciones a lo largo del año, escasas.

En la zona montañosa las lluvias son muy escasas en la región y se producen en verano. Al este de la provincia, las precipitaciones apenas superan los 200 milímetros anuales. Los vientos se hacen sentir durante todo el año.

El clima en la zona de los llanos es árido, cálido y muy seco.

Tabla 1. Resumen Datos Climatológicos

N°	Variables	Valores Promedios
1	Temperatura Media Anual	19,3° C
2	Temperatura Media Invierno:	12,4° C
3	Temperatura Media Verano:	25,2° C
4	Temperatura Mínima Absoluta:	7,1° C
5	Temperatura Máxima Absoluta:	43,2° C
6	Humedad Relativa Media:	57%
7	Precipitación Media Anual :	385 mm.
8	Velocidad Media Anual del Viento:	17 km/h.

## 2.2. Temperaturas Registradas en la Provincia de La Rioja.

Se considera a continuación un resumen de las temperaturas registradas en el territorio provincial

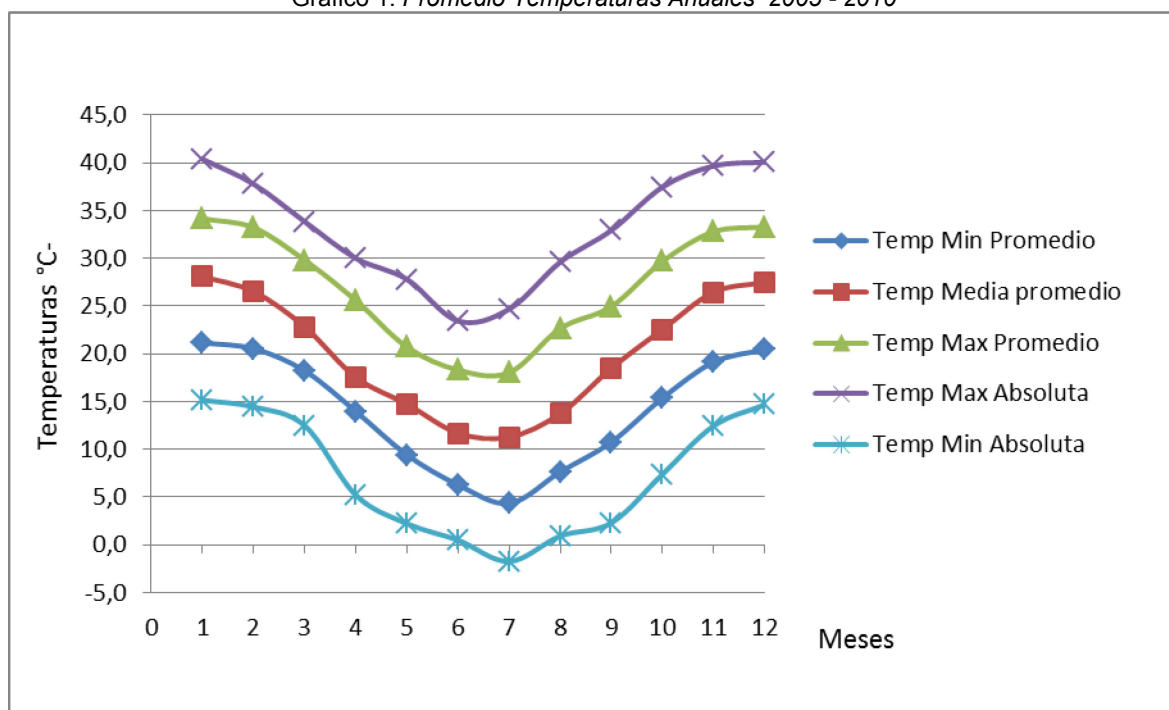
Tabla 2. Valores Promedios de Temperaturas Medias de La Provincia de La Rioja

Temperaturas °C / Meses	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Promedios Anuales
La Rioja Aero <sup>2</sup>	28,5	27,5	25,0	20,8	15,3	12,6	12,4	14,9	18,7	24,1	26,8	28,2	21,2
Casa JAM <sup>1</sup>	28,6	26,4	22,8	17,3	15,7	12,3	12,4	13,6	20,0	23,1	26,8	28,1	20,6
Timbo <sup>1</sup>	28,9	26,2	22,5	17,4	15,4	11,8	12,0	13,0	19,8	23,1	26,9	28,3	20,4
Chemical AERO <sup>2</sup>	27,4	26,1	24,1	19,7	14,9	12,5	12,1	14,3	17,8	22,8	25,3	26,6	20,3
Liliana <sup>1</sup>	29,1	26,9	21,9	11,8	15,2	11,0	10,6	10,7	18,8	24,1	27,7	29,1	19,7
Chilecito Aero (1999-2000) <sup>2</sup>	26,4	25,3	23,7	18,8	15,0	12,4	10,4	17,1	20,7	22,7	25,2	24,5	20,2
Chepes (1989 - 1990) <sup>2</sup>	28,9	29,3	21,9	19,2	14,3	12,3	10,7	16,0	15,8	21,2	27,5	27,9	20,4
Huiracocha <sup>1</sup>	27,0	24,5	20,7	15,4	12,4	8,7	9,8	10,5	16,4	19,5	25,4	27,3	18,1
Promedio Mensuales	28,1	26,5	22,8	17,5	14,7	11,7	11,3	13,7	18,5	22,6	26,5	27,5	20,1

Tabla 3. Valores Promedios de Temperaturas de La Provincia de La Rioja

Temperaturas °C / Meses	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Temp Min Promedio	21,1	20,5	18,2	14,0	9,4	6,3	4,4	7,6	10,8	15,4	19,1	20,5
Temp Media promedio	28,1	26,5	22,8	17,5	14,7	11,7	11,3	13,7	18,5	22,6	26,5	27,5
Temp Max Promedio	34,1	33,2	29,8	25,6	20,7	18,3	18,0	22,7	25,0	29,7	32,8	33,3
Temp Max Absoluta	40,4	37,8	33,8	30,0	27,8	23,4	24,7	29,6	32,9	37,5	39,7	40,1
Temp Min Absoluta	15,2	14,4	12,5	5,2	2,2	0,5	-1,7	0,9	2,3	7,4	12,5	14,7

Gráfico 1. Promedio Temperaturas Anuales 2005 - 2010



### 2.3. Insolación

Los datos medidos de insolación de La Ciudad Capital de la Rioja arrojan valores aproximados entre 2726 y 2877 con un promedio de 2781 horas de insolación, y para la localidad de Chemical 2421 y 3191 con un promedio de 2963 horas, para ambos casos se tomó el periodo entre 2008 y 2010.

Tabla 4. Horas de Insolación en la Provincia de La Rioja [1]

Año	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Sumatoria Totales Anuales
2010	247,0	179,0	233,0	193,0	179,0	196,0	220,0	239,0	252,0	263,0	268,0	257,0	2726,0
2009	247,0	235,0	241,0	228,0	188,0	216,0	245,0	258,0	182,0	254,0	260,0	187,0	2741,0
2008	276,0	257,0	191,0	239,0	238,0	203,0	238,0	259,0	223,0	233,0	275,0	245,0	2877,0
Promedios Mensuales	256,7	223,7	221,7	220,0	201,7	205,0	234,3	252,0	219,0	250,0	267,7	229,7	2781,3

Tabla 5. Horas de Insolación en la Provincia de La Rioja Chemical [1]

Año	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Sumatoria Totales Anuales
2010	308,0	111,0	216,0	193,0	193,0	185,0	223,0	230,0	242,0	284,0	297,0	311,0	2793,0
2009	308,0	243,0	242,0	223,0	175,0	211,0	226,0	254,0	242,0	285,0	250,0	246,0	2905,0
2008	275,0	285,0	247,0	243,0	196,0	208,0	256,0	264,0	300,0	286,0	300,0	331,0	3191,0
Promedios Mensuales	297,0	213,0	235,0	219,7	188,0	201,3	235,0	249,3	261,3	285,0	282,3	296,0	2963,0

### 2.4. Estaciones Meteorológicas y Fuentes de Información

A continuación, en la Tabla 4, se detallan las fuentes de información desde donde se obtuvieron los datos, en el caso de las estaciones marcadas con superíndice 1, fueron instaladas para proyectos agroindustriales y pertenecen al proyecto Agromet cuyo autor es Sr. Joaquín Antonio Martín Físico Solar de la provincia de La Rioja.

Las estaciones marcadas con superíndices 2 corresponden a la fuente tutiempo.net sitio desde donde se toman los valores correspondientes a las estaciones meteorológicas del Servicio Meteorológico Nacional.

La variable de Irradiancia Solar Global, para el caso de la estación Casa JAM fueron tomadas por Solarímetro Kip & Zoner CM11 N° 903312 Sensitivity:  $4.45 \times 10^{-6}$  V/m<sup>2</sup> Integrador Nes SI 161. Solar Radiation KWh/m<sup>2</sup> Curr (Shunt 60 mv) Ah\*1, en el caso de Timbó los datos fueron registrados por Solarímetro Kip & Zoner CMP6 S/N. Sensitivity:  $4.45 \times 10^{-6}$  V/m<sup>2</sup> Integrador Nes SI 161. Solar Radiation KWh/m<sup>2</sup> Curr (Shunt 60 mv)

Para el caso de Liliana el equipo utilizado es una estación meteorológica Estación Davis ground weather

Tabla 4. Ubicación Estaciones Meteorológicas

Estación Meteorológica	Localidad	Codigo	Latitud	Longitud	ASNM
La Rioja Aero <sup>2</sup>	La Rioja Capital	872170	29° 22' 55,92" S	66° 47' 36,41" W	437
Casa JAM <sup>1</sup>	La Rioja Capital	-	29° 25' 46,46" S	66° 51' 10,43" W	510
Timbo <sup>1</sup>	La Rioja Capital	-	29° 29' 20,35" S	66° 48' 01,75" W	429
Chemical Aero <sup>2</sup>	Chemical	873200	30° 21' 0,16" S	66° 17' 54,89" W	459
Liliana <sup>1</sup>	Catinsaco - Chilecito	-	29° 39' 16,61" S	67° 24' 01,34" W	799
Chilecito Aero (1999-2000) <sup>2</sup>	Chilecito	872140	29° 13' 7,47" S	67° 26' 32,15" W	925
Chepes (1989 - 1990) <sup>2</sup>	Chepes	873220	31° 20' 22" S	66° 35' 18" W	654
Huiracocha <sup>1</sup>	Santa Cruz - Famatina	-	28° 28' 38,95" S	67° 42' 11,62" W	1776

Tabla 5. Variables de Medición Estaciones Meteorológicas

Estación Meteorológica	T	TM	Tm	TMA	TmA	Pr	N	I	R	V	HV	DV
La Rioja Aero <sup>2</sup>	x	x	x	x	x	x	x	x	0	x	0	x
Casa JAM <sup>1</sup>	x	0	0	x	x	0	0	0	x	x	0	x
Timbo <sup>1</sup>	x	0	0	x	x	0	0	0	x	x	0	x
Chemical Aero <sup>2</sup>	x	x	x	x	x	x	x	x	0	x	0	x
Liliana <sup>1</sup>	x	0	0	x	x	0	x	0	x	x	0	x
Chilecito Aero (1999-2000) <sup>2</sup>	x	x	x	x	x	0	x	0	0	x	0	x
Chepes (1989 - 1990) <sup>2</sup>	x	x	x	x	x	x	x	0	0	x	0	x
Huiracocha <sup>1</sup>	x	0	0	x	x	0	0	0	0	x	0	x

#### Referencias

x = Disponible

0 = No disponible

T = Temperatura media °C

TM = Temperatura media máxima °C

Tm = Temperatura media mínima °C

TMA = Temperatura máxima absoluta °C

TmA = Temperatura mínima absoluta °C

Pr = Precipitaciones mm

N = Nubosidad

I = Insolación Horas de Sol (Estos datos fueron obtenidos de ogimet.com)

R = Radiación Solar diaria en KWh/m<sup>2</sup>

V = Velocidad del viento en Km/h

HV = Horas de viento

DV = Dirección del viento

### 3. ENERGIAS RENOVABLES

#### 3.1. Energía Solar Fotovoltaica

Los valores medidos de la radiación solar diarios de los últimos 10 años arrojan 5,4 KWh/m<sup>2</sup> para la Ciudad Capital de La Rioja y también 5,4 KWh/m<sup>2</sup> para la localidad de Chilecito. Con valores medios máximos de 8 KWh/m<sup>2</sup> en el mes Diciembre y mínimos medios de 3,1 KWh/m<sup>2</sup> en el mes Junio.

Tabla 6. Valores Promedios de la Radiación Mensual La Rioja Capital. KWh/m<sup>2</sup> [2]

Estaciones Meteorológicas	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Totales Anuales
Casa JAM	7,1	5,0	5,4	4,0	3,2	3,1	4,3	3,9	6,1	6,6	7,9	7,9	5,4
Timbo	7,1	5,0	5,4	4,0	3,2	3,1	4,3	3,9	6,1	6,6	7,9	7,9	5,4
Promedios Mensuales	7,1	5,0	5,4	4,0	3,2	3,1	4,3	3,9	6,1	6,6	7,9	7,9	5,4

Tabla 7. Valores Promedios de la Radiación Mensual Medido Chilecito. kWh/m<sup>2</sup> [3]

Estación Meteorológica	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Totales Anuales
Liliana (Chilecito)	7,3	5,2	5,5	3,9	3,3	3,2	4,3	4,0	5,9	6,6	7,9	8,0	5,4

Si comparamos estos datos con los indicados en el mapa solar de argentina podemos observar que los valores de los meses de Enero y Junio medidos son apenas superiores a los indicados en el mapa, realizado por H. Grossi Gallegos y R. Righini *Atlas de energía solar de la República Argentina* [4].

En Comparación con La Rioja - España se tiene valores medios de horas de insolación de 2000 a 2400 hs con valores de irradiación de 1,6 KWh/m<sup>2</sup> día en el mes de Enero (invierno) a 6,7 KWh/m<sup>2</sup> día en el mes de Julio (Verano), se puede ver que estos valores son inferiores a la de nuestra provincia, por lo tanto este tipo de energía podría tener mejores resultados que los obtenidos en La Rioja - España donde en el año 2010 existían unos 80 MW de Potencia Instalados.[5]

En la localidad de Chepes Rioja se prevé la instalación de un parque solar de 4MW de Potencia (P) con aproximadamente 20.000 paneles solares [6]. Se estima aplicando la Ecuación N° 1 una Producción de Energía Anual Promedio Producida (E) de 5.566 MWh/Anuales, considerando un Tiempo (T) de horas de sol de 2783 h y un Índice de Eficiencia de Conversión Global de la Energía (e) del 50%.

$$E = P \cdot T \cdot e \quad (1)$$



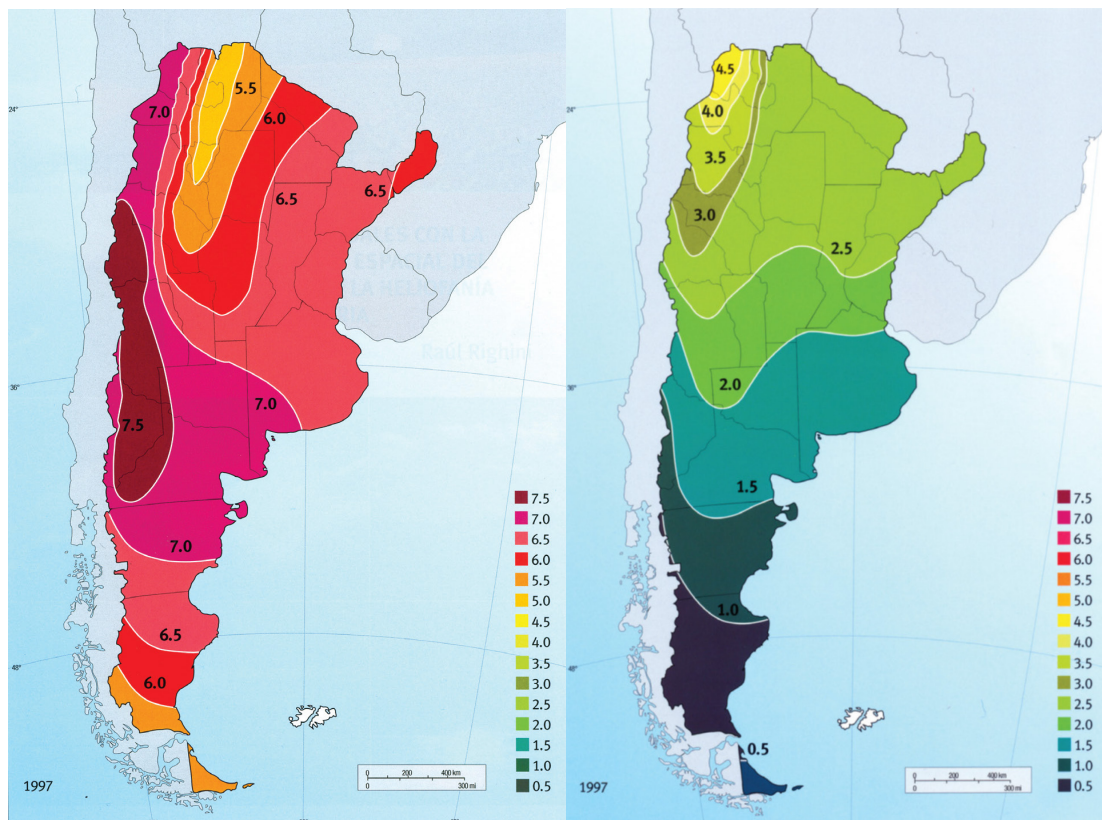


Imagen 1. Atlas Energía Solar de la República Argentina Meses Enero y Junio [4]

### 3.2. Energía Eólica

La Energía Eólica depende fundamentalmente de la velocidad del viento, también de su dirección y permanencia a lo largo del tiempo. Las velocidades registradas por el Servicio Meteorológico Nacional SMN ubicados en el aeropuerto de la Ciudad Capital de la Rioja (\*La Rioja Aero) y el de la localidad de Chamental (\*Chamental Aero) registran sus mediciones a 10 metros de altura en cambio las estaciones meteorológicas de Casa JAM y Finca Timbó lo hacen a 2 metros de altura, si bien es cierto la velocidad del viento aumenta al incrementarse la altura del sensor con respecto al nivel del suelo, los datos son llamativos por la gran diferencia en los valores.

También se observa que los datos medidos por las estaciones meteorológicas de Casa JAM y Finca Timbó son bastantes similares si consideramos que ambas están a aproximadamente 5 km de distancia en línea recta y del aeropuerto unos 10 km.

Tabla 8. Velocidades mensuales de los vientos Km/h

Estación / Meses	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Promedios Anuales	Dirección del Viento
La Rioja Aero <sup>2</sup>	10,8	10,2	9,7	8,8	8,6	8,7	9,0	10,3	11,0	11,5	11,9	11,7	10,2	230°
Casa JAM <sup>1</sup>	2,0	1,9	1,9	1,5	2,6	3,3	3,8	5,1	4,8	7,0	6,1	5,4	3,8	180°
Timbo <sup>1</sup>	2,4	2,3	2,2	1,8	2,9	3,5	4,1	5,6	5,2	7,2	6,5	6,0	4,1	230°
Chamental Aero <sup>2</sup>	12,4	10,2	8,7	8,2	7,4	6,9	8,3	10,3	12,1	13,3	14,1	13,0	10,4	-
Liliana <sup>1</sup>	3,8	3,9	3,0	3,7	5,5	6,5	6,8	7,7	7,1	6,2	7,9	7,0	5,7	140°
Chilecito Aero (1999-2000) <sup>2</sup>	10,0	4,9	6,5	4,3	4,4	4,8	5,8	7,0	9,1	5,9	7,0	8,2	6,5	-
Chepes (1989 - 1990) <sup>2</sup>	9,2	9,3	8,3	7,2	7,3	5,9	8,6	8,8	11,4	12,1	13,4	11,5	9,4	-
Huiracocha <sup>1</sup>	4,5	3,7	2,8	3,3	4,5	5,3	5,6	6,4	6,0	5,8	4,8	5,2	4,8	270°
<b>Promedio Mensuales</b>	<b>6,9</b>	<b>5,8</b>	<b>5,4</b>	<b>4,8</b>	<b>5,4</b>	<b>5,6</b>	<b>6,5</b>	<b>7,6</b>	<b>8,3</b>	<b>8,6</b>	<b>9,0</b>	<b>8,5</b>	<b>6,9</b>	-

Por otro lado se dispone del mapa eólico nacional y también de una aplicación llamada el SIG EOLICO, el mismo es un sistema informático que permite calcular la velocidad del viento en cualquier punto del País y también ofrece una serie de datos adicionales como la rosa de los vientos, densidad de potencia y energía, costos etc.

Para la Provincia de La Rioja se muestran los valores ofrecidos por el SIG EOLICO en los cuales se puede apreciar que los valores varían entre 2,5 m/s y los 6 m/s ósea los 9 Km/h y los 21,6 Km/h para toda la provincia. La Provincia de La Rioja ha apostado fuertemente al desarrollo de esta energía limpia y renovable en la Región a través del diseño del parque eólico de Arauco. Este parque tiene previsto la instalación de 95 aerogeneradores con una capacidad de 2,1 MW de potencia, los cuales totalizaron 200 MW. La potencia actual instalada es de 50,4 MW con 24 turbinas funcionando interconectadas al sistema nacional, no se conocen datos referidos a la

energía generada pero se estima en función de unas 2500 h de operación anuales en 131.000 MWh cubriendo un 13% del consumo de La Provincia. La empresa que desarrolla el proyecto del Parque Eólico Arauco es IMPSA. La potencia máxima demanda de energía eléctrica en el año 2013 fue de aproximadamente 314 MW y el consumo de energía informado por EDELAR del Departamento Arauco fue de 92.469 MWh. Sin duda el aporte de energía del parque eólico a la Red interconectado Nacional será de gran ayuda para fortalecer la disponibilidad de energía, de esta manera la Provincia de La Rioja se convertiría en una de las provincias con mayor aporte de energías limpias del país.

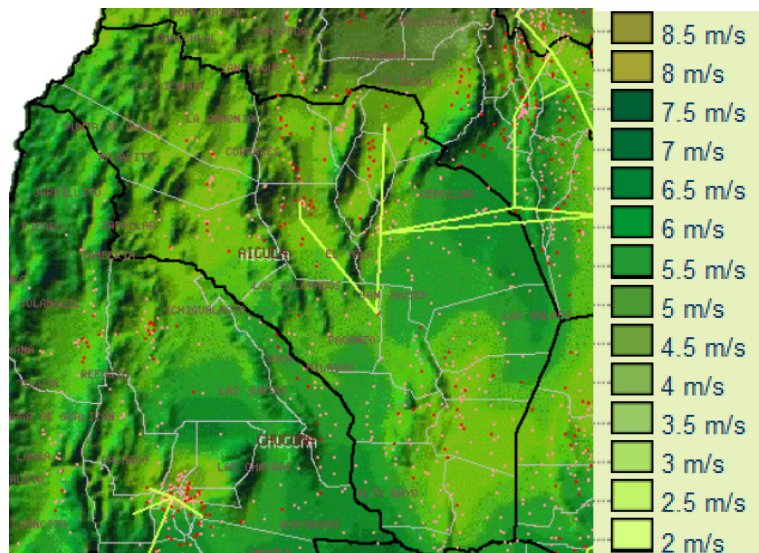


Grafico 2. Mapa Eólico de la Provincia de La Rioja [7]

### 3.3. Energía Geotérmica

GEOTERMIA es una palabra de origen griego, deriva de "geos" que quiere decir tierra, y de "thermos" que significa calor: el calor de la tierra. Esta definición se utiliza para nombrar a la ciencia que estudia los fenómenos térmicos internos del planeta como al conjunto de procesos industriales que intentan explotar ese calor para producir energía eléctrica y/o calor útil para el ser humano. Uno de los principales usos es la climatización geotérmica, o sea un sistema de climatización (calefacción y/o refrigeración) que utiliza la gran inercia térmica del subsuelo poco profundo. En nuestra provincia se encuentran 13 manifestaciones termales de baja entapía, la más conocida son las Termas de Santa Teresita. Esta manifestación termal es utilizada como balneario con fines terapéuticos por el público en general y su temperatura es del orden de los 40 °C. Si tomamos en cuenta los meses de Inverno en La Provincia de La Rioja, aproximadamente 90 días y calculamos la energía que podría ser aprovechada por un intercambiador o bomba de calor para calefacción tomando como referencia una temperatura media de 12 °C, densidad del agua 1 Kg/m<sup>3</sup> y Calor Específico del agua 1 kcal/Kg°C nos da como resultado una disponibilidad energética de **54.387 MWh**. Este valor es considerado como energía primaria ya que no tiene en cuenta factores relacionados a los rendimientos de los equipos de calefacción.

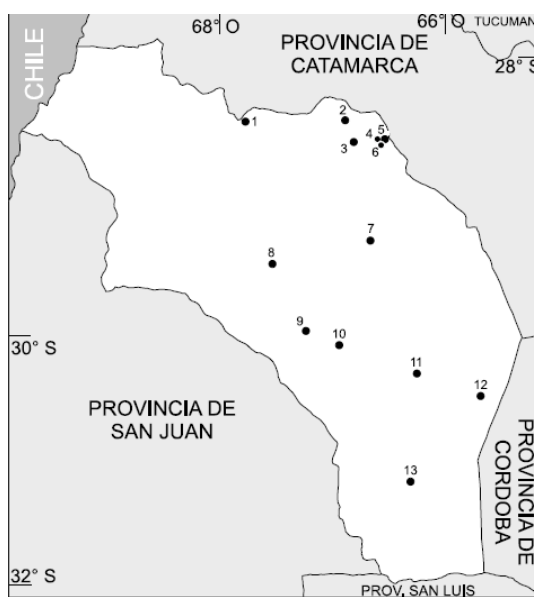


Grafico 3. Manifestaciones termales en la Provincia de La Rioja[8]

Tabla 9. Valoración Energética de las Manifestaciones Termales [8]

N°	Nombre	Cantidad de Manifestaciones	ASMN	Lugar	Tipo	Rango Temperatura °C	Clasificación	Caudal Lts/min	Temp. Referencia media Invierno	Energía de Calefacción kcal/min
1	El chocoy	1	2800	Famatina	Manatíal	27,0	Hipotermal	Abundante	12	S.d
2	Bañados de los pantanos	5		Bañado de los pantanos	Pozo	22,3 - 40	Hipotermal	11830	12	270290,7
3	Arauco	2	800	Aimogasta	Pozo		Hipotermal	s.d.	12	S.d
4	La Chilca	5	700	La Chilca	Pozo	32,5 - 48,3	Mesotermal	1306	12	42740,4
5	Culanao	9	700	Culanao	Pozo	31,6 - 40		663	12	16925,8
6	Termas de Santa Teresita	27	700	Santa Teresita	Manatíal - Pozo	25 - 150	Hipertermal	616	12	22320,1
7	Saladillo	1	775	Puesto Saladillo	Manatíal	23	Hipertermal	Abundante	12	S.d
8	Perforación N° 1 en Vichigasta	1	868	Proximo a Vichigasta	Pozo (Rellenado)	30-33	Hipertermal	73-85	12	1540,5
9	Los Colorados	2		Los Mogotes Colorados	Manatíal	33,5 - 34	Hipotermal	Abundante	12	36,6
10	Colpar de Guayapa	1	514	A 13 km de Patquía	Manatíal (Captado)	22	Atermal	Abundante	-	S.d
11	Perforación N° 1 en Gobernador Gordillo	1	471	Gobernador Gordillo	Pozo	34-32	Hipotermal	135-27	12	1701,0
12	Perforación N° 1 en Castro Barros	1	229	Castro Barros	Pozo	41-42,5-45	Mesotermal	18-12-5	12	500,0
13	Fuente Ambil	1	600	Ambil	Manatíal	28	Hipotermal	300	12	4800,0
								<b>TOTAL kcal/min</b>	<b>360.855,0</b>	

### 3.4. Energía de Biomasa

Se considera biomasa al conjunto de materiales orgánicos resultantes de la fotosíntesis y que son susceptibles de degradación o combustión, con la consiguiente liberación de energía.

Los productos obtenibles de la biomasa se caracterizan en general, por un elevado poder calorífico, fácil transporte y almacenabilidad, buena combustión y bajo índice de azufre. El principal inconveniente es la dispersión de los residuos, que hace que en muchas ocasiones no sea rentable su utilización.

Para el presente estudio se tendrá en cuenta solamente el análisis de los residuos de la actividad agrícola ya que la provincia cuenta con grandes superficies implantadas de vid y de olivos.

A la hora de evaluar las posibilidades energéticas nos encontramos con dos tipos de problemas. Uno se refiere a la disparidad de datos estadísticos, no solo en lo que a los residuos se refiere, sino también a las producciones primarias. El segundo problema es el conocimiento no suficientemente preciso del contenido energético real de los residuos.

Tabla 10. Superficie Implantada de olivos aproximada al 2010 - Provincia de La Rioja [9]

Departamento	Superficie Implantada ha	Poda tn	Aceituna Mesa tn	Aceituna Aceitera tn	Aceituna Total tn	Aceite de Oliva tn	Alperujo tn
Chilecito	7500	15000	30000	45000	75000	9000	36000
Arauco	8500	17000	46750	38250	85000	7650	30600
La Rioja	8500	17000	46750	38250	85000	7650	30600
<b>Total</b>	<b>24500</b>	<b>49000</b>	<b>123500</b>	<b>121500</b>	<b>245000</b>	<b>24300</b>	<b>97200</b>

Tabla 11. Valoración Energética de la biomasa de residuos olivícolas

Departamento	Poda tn	Carozo tn	Alperujo tn
Chilecito	15.000	7.200	36.000
Arauco	17.000	11.220	30.600
La Rioja	17.000	11.220	30.600
<b>Total Tn</b>	<b>49.000</b>	<b>29.640</b>	<b>97.200</b>
Poder Calorífico kcal/kg	2.214	3.840	696
<b>Sub Total MWh/año</b>	<b>126.085</b>	<b>132.281</b>	<b>78.626</b>
<b>Total MWh/año</b>	<b>336.992</b>		

Tabla 12. Superficie Implantada de Vid aproximada al 2005 - Provincia de La Rioja [10]



Provincia	Superficie Implantada ha	Uvas Vinificar tn	Uva de Mesa tn	Pasa de Uva tn	Total tn
La Rioja	8.372	100.719	410	2196	103.325,0

Tabla 13. Superficie cultivada y cantidad de viñedos por Departamento – 2005 [10]

Departamento	Cantidad de Viñedos	Superficie ha	%
Arauco	4	201	2%
Capital	3	38	0%
Castro Barros	40	213	3%
Chilecito	596	6.481	77%
Famatina	171	319	4%
Gral. Lamadrid	27	52	1%
Cnel. Felipe Varela	465	927	11%
Vinchina	58	74	1%
San Blas de los Sauces	19	53	1%
Sanagasta	9	12	0%
<b>Total</b>	<b>1.392</b>	<b>8.372</b>	<b>100%</b>

Se considera para el presente estudio la valoración energética relacionada a la producción de vid en el valle de Famatina (comprende a los departamentos de Chilecito y Famatina), puesto que es el que posee la concentración mayor de hectáreas implantadas de toda la provincia.

Tabla 14. Valoración Energética de la Biomasa relacionada a la poda de viñedos

Departamento	Superficie ha	Producción Vid tn	Poda tn
Chilecito + Famatina	6.800	95.200	10.196
Poder Calorífico Kcal/tn	-	-	3.115
<b>Subtotal Mwh/año</b>	-	-	<b>36.913</b>

Tabla 15. Valoración Energética de la Biomasa relacionada a subproductos del vino

Departamento	Producción Vid tn	Producción Uvas P/ Vino tn	Escobajo tn	Orujo tn
Chilecito + Famatina	95.200	63.000	4.500	9.500
Poder Calorífico Kcal/tn	-	-	538	3.240
Subtotal Mwh/año	-	-	2.814	35.773
<b>Total Mwh/año</b>				<b>38.587</b>

Tabla 15. Valoración Energética de la Biomasa Total

Departamento	Valoración Energética MWh/Año del Olivo	Valoración Energética MWh/Año de la Vid	Valoración Energética Total MWh/año	Conversión de Energía Eléctrica MWh/año
Chilecito + Famatina	98.952	75.500	174.451	38.379
Arauco	117.895		117.895	25.937
La Rioja	117.895		117.895	25.937
<b>Total MWh/Año</b>	<b>334.741</b>	<b>75.500</b>	<b>410.241</b>	<b>90.253</b>

## 4. CONCLUSIONES

### 4.1. Energía Solar Fotovoltaica

La ventaja que posee la energía solar fotovoltaica es la capacidad de modular los equipos de acuerdo a las necesidades, esto presenta grandes ventajas para cubrir necesidad de electrificaciones en las zonas rurales, en la actualidad existen 4662\* viviendas ubicadas en áreas rurales dispersas, de acuerdo a los datos ofrecidos por el último CENSO 2010, sería una buena opción la de proveer a estos pobladores de sistemas fotovoltaicos para cubrir las necesidades básicas de iluminación artificial y refrigeración. También este tipo de energía puede ser utilizada en la zona rural mencionada para abastecer de energía eléctrica a las estaciones de bombeo de agua.

Se puede decir que La Provincia de La Rioja presenta condiciones muy favorables para el desarrollo de la energía fotovoltaica con grandes extensiones que podrían ser utilizados con este fin. De materializarse este proyecto la producción de energía eléctrica a través de paneles solares fotovoltaicos podría cubrir el 5,5 % del consumo total de energía eléctrica de la provincia de La Rioja año 2013 que fue de 998.497 MWh.y el 24 % del consumo del Dpto. Rosario Vera Peñaloza.

### 4.2. Energía Eólica

De acuerdo a los valores obtenidos en los cuadros anteriores podemos concluir que la Energía Eólica en nuestra Provincia ofrece posibilidades de desarrollo pero que deben ser estudiadas para determinar su viabilidad y rendimiento, puesto que los emplazamientos suelen ser antieconómicos a velocidades menores de 4 m/s a 5 m/s o sea de 14,4 km/h a 18 km/h

Desde el punto de vista de la superficie, La Provincia cuenta con grandes extensiones de varios cientos de km<sup>2</sup> que pueden ser aprovechados con este fin.

El Potencial de la Energía Eólica en La Provincia de La Rioja si tomamos como referencia el Proyecto del Parque Eólico de Arauco será el siguiente:

Para el proyecto final de 95 aerogeneradores será de 2,1 MW , fijando unas 2500 h de actividad al año nos da el siguiente valor usando la fórmula :

$$E = P \cdot T \quad (2)$$

$$200 \text{ MW} \times 2500 \text{ h} = 500.000 \text{ MWh/año}$$

Esta energía podría cubrir el 50 % del consumo de energía eléctrica de 998.497 MWh registrado en el año 2013 en La Provincia de La Rioja.[11]

### 4.3. Energía Geotérmica

Esta energía es la menos desarrollada en la provincia y no se conocen aplicaciones con los fines que persigue el presente trabajo, solamente la manifestación termal principal de La Provincia de La Rioja denominada Santa Teresita aprovecha sus aguas termales mediante balneario municipal ubicado en el Departamento Arauco con fines recreativos y terapéuticos.

### 4.4. Energía de Biomasa

Si consideramos la biomasa por Departamento vemos que las localidades de Chilecito presenta mayor disponibilidad de este recurso, en menor medida Arauco y la Capital de La Rioja, esto permitiría la generación de energía eléctrica a través de Centrales de Generación Eléctrica a Biomasa. Existe un proyecto para Chilecito de la instalación de una central de Cogeneración de 4,5 MW de potencia, la que podría entregar 38.379 MWh de energía eléctrica al año. De igual manera en el caso de Arauco y La Rioja se podrían instalar centrales similares estimando una producción de energía eléctrica 25.937 MWh/año, tomando como conversión de la energía primaria de biomasa el 22 % [12]. Ver tabla 15

### 4.5 Conclusiones Finales

Como conclusión final se puede decir que el Potencial de las Energías Renovables en La Provincia de La Rioja es de 85,9 ktep, lo a modo de referencia permitiría cubrir el 64,5 % del consumo de Energía Eléctrica de la Provincia de La Rioja referido al año 2013.

De acuerdo a la Ley 26.190 Régimen de Fomento para el uso de fuentes renovables de energía destinada a la producción de energía eléctrica, establece para el año 2016 como objetivo alcanzar una contribución de energías renovables igual al 8% del consumo de energía eléctrica nacional. Este objetivo ya fue alcanzado si consideramos lo indicado en el punto 4.2 sobre Energía Eólica.

Tabla 16. *Potencial de las Energías Renovables*

Unidades	Consumo Energía Eléctrica 2013	Total Energía Renovables	Energía Eólica	Energía Biomasa	Energía Geotérmica	Energía Solar Fotovoltaica
MWh	998.497	644.640	500.000	90.253	54.387	5.565
ktep	85,9	55,4	43,0	7,8	4,7	0,5

Existen fuentes de energía que no fueron valoradas como, la biomasa de los residuos agropecuarios, los residuos sólidos urbanos, tampoco la energía solar térmica lo cual formará parte de futuros estudios que permitan ampliar este trabajo.

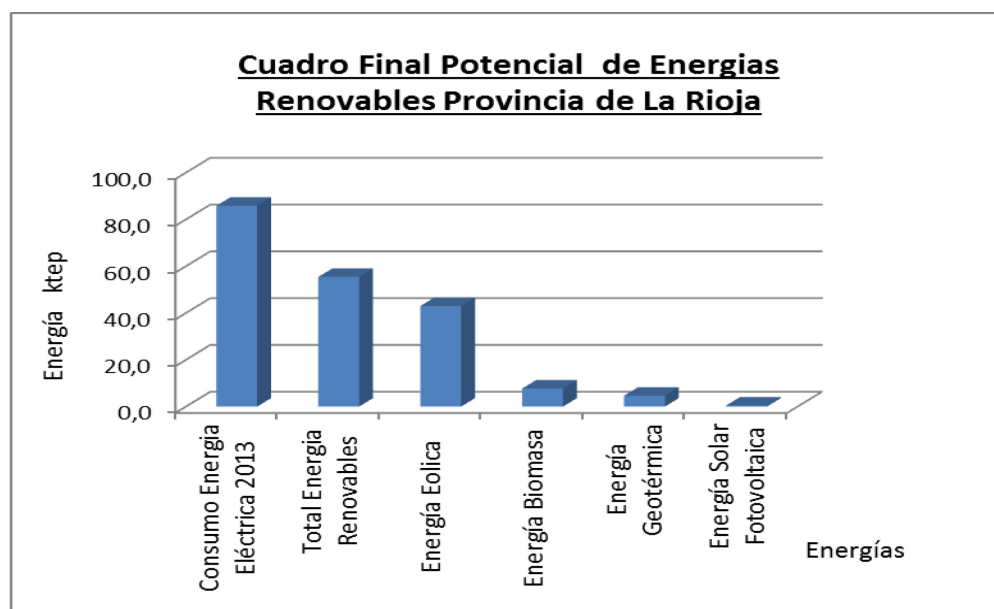


Grafico 4. *Cuadro Final Potencial de las Energías Renovables La Rioja*

## 5. BIBLIOGRAFIA

1. Sala Lizarraga, José María; López González Luis María. (2002). *Plantas de Valorización Energética de la Biomasa*. La Rioja España. 1º Edición. Editorial Ochoa. La Rioja (España).
2. Fernández Salgado, José M<sup>a</sup>. (2010). *Compendio de Energía Solar: Fotovoltaica, Térmica y Termoeléctrica (Adaptado al Código Técnico de Edificación y al nuevo RITE)*. Madrid (España). Edición 2010. A. Madrid Vicente, Ediciones. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid (España).
3. Spinadel, Erico; (2009). *Energía Eólica UN enfoque Sistémico multidisciplinario destinado a países en vías de desarrollo*. Buenos Aires (Argentina). 1º Edición. Nueva Librería S.R.L. Buenos Aires (Argentina).
4. Escudero López José. M.<sup>a</sup> ; (2008.) *Manual de Energía Eólica investigación, diseño, promoción, construcción y explotación de distintos tipos de instalaciones*. Madrid España. 2º Edición Corregida. Ediciones Mundi-Prens. Madrid. Barcelona. México.
5. Madrid Antonio Vicente; (2009). *Energías Renovables (Fundamentos, Tecnologías, y Aplicaciones)* Madrid (España). 1º Edición. AMV Ediciones. Mundi-Prensa. Madrid (España).
6. López González, Luis María (2000). *“Energía y desarrollo sostenible”*. Vigo, España. Nº1. Gallega de Mecanización S.A.L. Pontevedra, España
7. Nicolas, Ariel G. (2011) *“Estudio de los Recursos Energéticos de La Provincia de La Rioja*

8. *República Argentina (2005 -2010)*” (2011) Diploma de Estudios Avanzados (DEA) y Suficiencia Investigadora, en el marco del Doctorado en Ingeniería. Logroño, La Rioja, España.
9. Juárez Castelló, Manuel C.- Pernía Espinoza A.V. – Viel, Jorge E.- Nicolás, Ariel G. *“El Mapa Solar de la Comunidad Autónoma de La Rioja y Su Importancia en la Aplicación del Código Técnico de la Edificación (CTE)”* (2009) VI Jornadas Nacionales de Ingeniería Termodinámica. Córdoba, España.
10. López González, L. M., 2010, *“Ahorro y eficiencia energética en la industria”*. Publicaciones internas de GI-TENECO, Logroño, 2014.
11. López González, L. M., 2010, *“Ahorro y eficiencia energética”*. Servicio de Publicaciones del Gobierno de La Rioja, Logroño, 2010.
12. López González, L. M., y Sala Lizarraga, J. M., 2010, *“Inventario y Plan Energético de La Rioja. Puesta al día y revisión”*. Universidad de La Rioja, Logroño, 2010.
13. ADEME, *“Energy Efficiency Indicators: The European Experience”* ADEME (The French Environment and Energy Control Agency), Paris, France (1.999).
14. Boyle, G. et al. *« Renewable Energy. Power for a Sustainable Future”*. Oxford University Press, Oxford, (1.996).

## 6. REFERENCIAS

1. <http://www.ogimet.com>
2. Fuente: Proyecto Agromet Autor: Joaquín Martín Valores medios del año 2000 al 2010
3. Fuente: Valores medios del año 2000 al 2010 Estación Davis ground weather
4. H. Grossi Gallegos y R. Righini *“Atlas de energía solar de la República Argentina”*. Publicado por la Universidad Nacional de Luján y la Secretaría de Ciencia y Tecnología, Buenos Aires, Argentina, mayo de 2007.
5. Fuente IDAE Boletín de Energías Renovables Datos 2010.
6. [http://www.elindependiente.com.ar/digital/ver\\_noticia.php?id=2943](http://www.elindependiente.com.ar/digital/ver_noticia.php?id=2943) 29 de Enero de 2014.
7. SIG EOLICO Sistema de Información Geográfico – Mapa Eólico Nacional <http://www.sigeolico.com.ar/frameset.php>
8. Catálogo de Manifestaciones Termales de la República Argentina Volumen I Región Noroeste Provincias de Jujuy, Salta, Catamarca, Tucumán, Santiago del Estero, La Rioja y San Juan - Abel H. Pesce y Fernando Miranda SERVICIO GEOLÓGICO MINERO ARGENTINO -INSTITUTO DE GEOLOGÍA Y RECURSOS MINERALES
9. Camara Olivícola de La Rioja Argentina
10. Instituto Nacional de Vitivinicultura I.N.V. Provincia de La Rioja.
11. EDELAR Empresa Distribuidora de Electricidad La Rioja.
12. Sala Lizarraga, José María; López González Luis María. (2002). *Plantas de Valorización Energética de la Biomasa*. La Rioja España. 1º Edición. Editorial Ochoa. La Rioja (España).

### Otras Fuentes Consultadas

- Secretaria de Energía de la Nación – República Argentina
- Secretaria de Ambiente y Desarrollo Sustentable de La Nación – República Argentina
- Concejo Federal de Inversiones
- Instituto Nacional de Estadísticas y Censos – República Argentina
- Ministerio de producción y Desarrollo Local

## 7. AGRADECIMIENTOS

Al Sr. Joaquín Antonio Martín Físico Solar - Servicio Meteorológico Nacional Provincia de La Rioja  
 Al Ing. Mauricio Morán de la Empresa EDEAR SA  
 Al Arq. Fernando Carbel de Parque Eólico Arauco SAPEM  
 Los cuales facilitaron la información y datos para poder ser incluidos en el presente trabajo.