ANEXO II: CONDICIONANTES

ÍNDICE:

1. Climatología……..3-19

2. Agua……..19-26

3. Suelo……..27-28

4. Plagas y enfermedades…….28-29

La climatología del lugar influye decisivamente en la realización de cualquier proyecto. En este caso, la climatología de Narón se corresponde con las

condiciones del clima templado de tipo oceánico, caracterizado por su suavidad, oscilaciones térmicas pequeñas, sin temperaturas extremas, con inviernos suaves y veranos frescos. Las precipitaciones son moderadas, bastante distribuidas a lo largo del año.

La temperatura media anual es de 14,2° C; y las precipitaciones anuales medias alcanzan los 998mm. De las temperaturas medias anuales, podemos concluir que son más altas en agosto, alrededor de 19.2 ° C.; y que enero es el mes más frío, con temperaturas promedias de 10.0 ° C; habiendo una variación térmica entre el mes más cálido y el más gélido de 9,2° C. Con respecto a las precipitaciones medias anuales, la menor cantidad de lluvia ocurre en julio, con un promedio de 30mm.; y la mayor parte de la precipitación cae en noviembre, con 129mm; habiendo una variación de 99mm entre el mes más húmedo y el más seco.

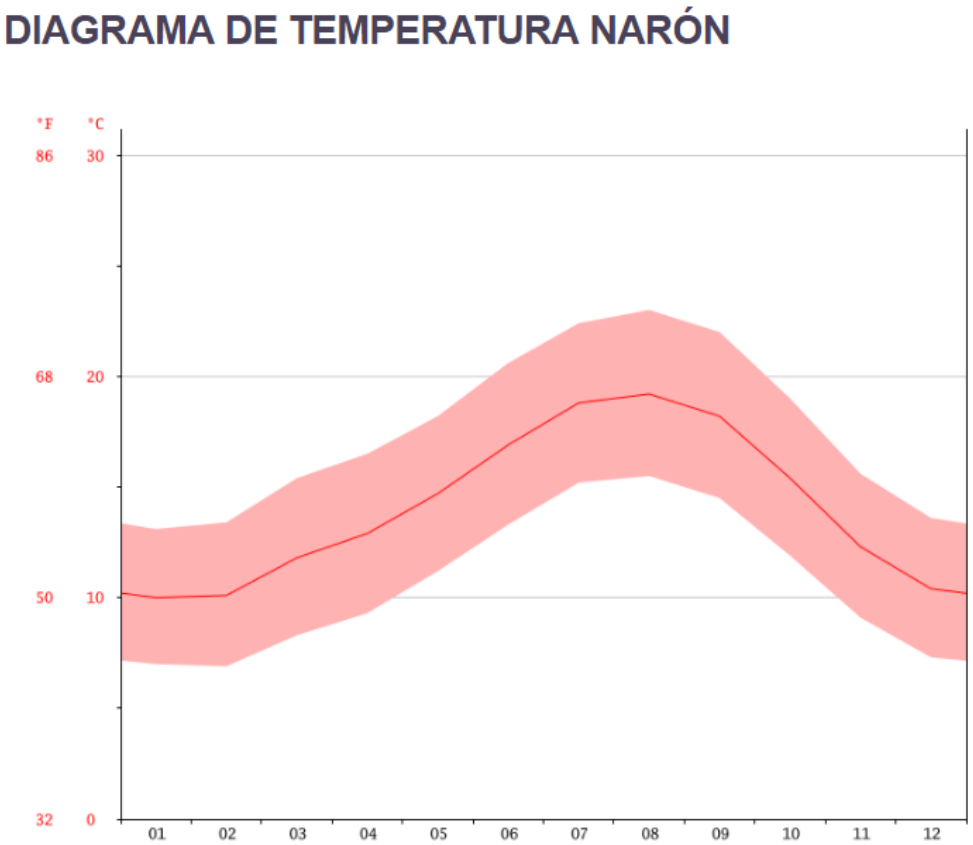


Tabla 1. Diagrama de temperatura Narón. Fuente: https://es.climate-data.org/europe/espana/galicia/naron-15608/

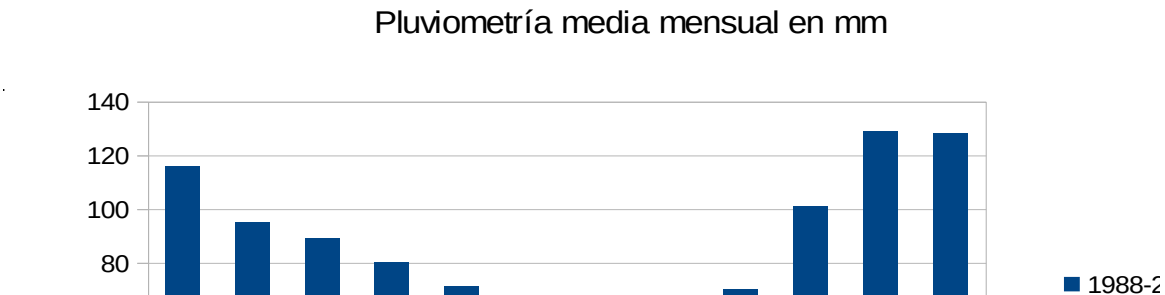


Tabla 2. Pluviometría media mensual Narón. Fuente: Propia.

Como se ve en el gráfico de las precipitaciones, la distribución estacional de las lluvias alcanza su máximo en los meses de invierno, con un 33,96% del total, y su mínimo en los meses de verano, con un 11,92% del total, lo que produce déficits hídricos en los meses de Junio, Julio y Agosto. El resto de las precipitaciones se reparten con un 24,05% en primavera, y un 30,06% en otoño.

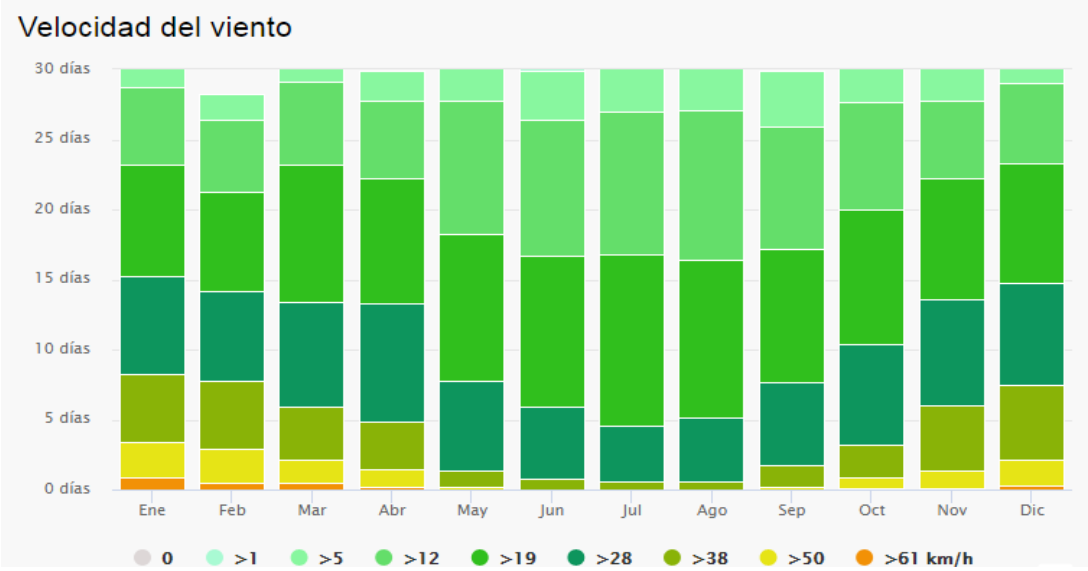


Tabla 3. Velocidad del viento Narón. Fuente: https://es.climate-data.org/europe/espana/galicia/naron-15608/

Tabla 4. Rosa de los vientos Narón. Fuente: https://es.climate-data.org/europe/espana/galicia/naron-15608/

Como se puede observar en los dos gráficos anteriores, los vientos predominantes del concejo de Narón, son los vientos provenientes del Noroeste, acompañados de humedad; y los vientos provenientes de Suroeste, que son los que acumulan más horas de vientos superiores a los 61km/h..

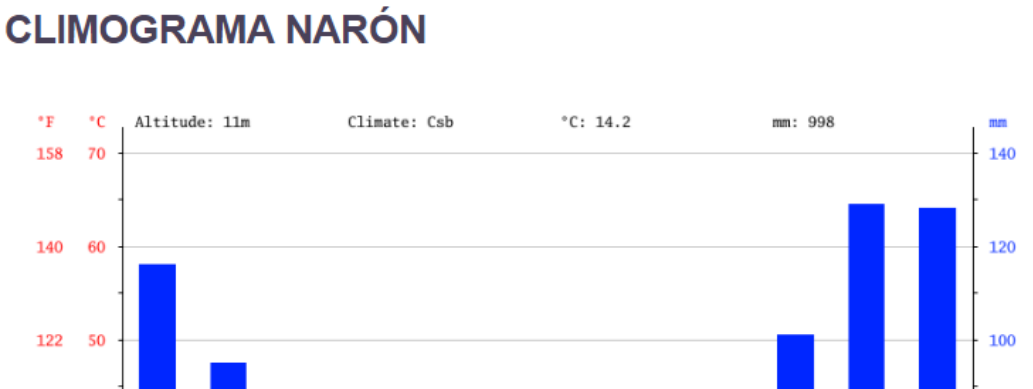


Tabla 5. Climograma Narón. Fuente: https://es.climate-data.org/europe/espana/galicia/naron-15608/

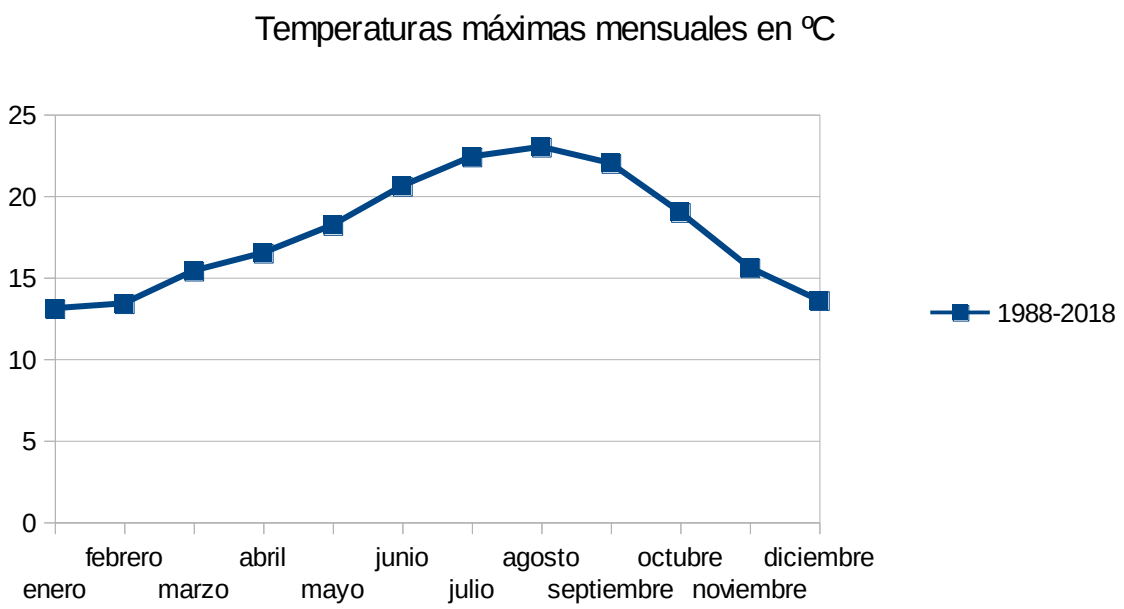


Tabla 6. Temperaturas máximas mensuales Narón. Fuente: Propia

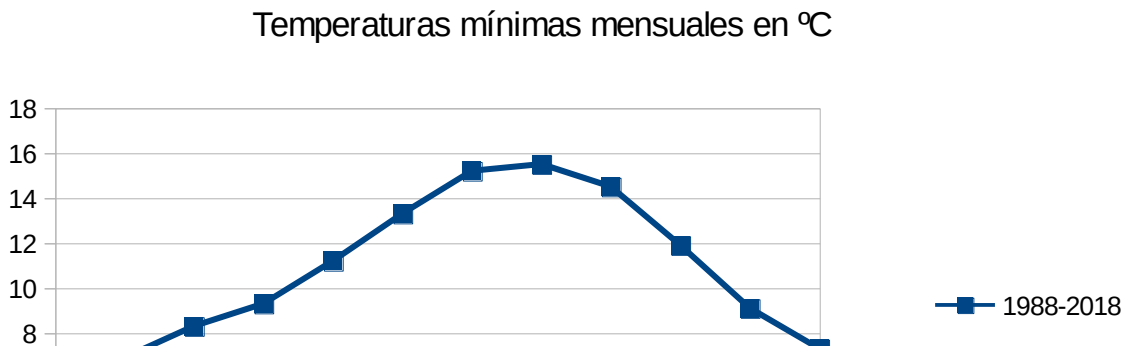


Tabla 7. Temperaturas mínimas mensuales Narón. Fuente: Propia.

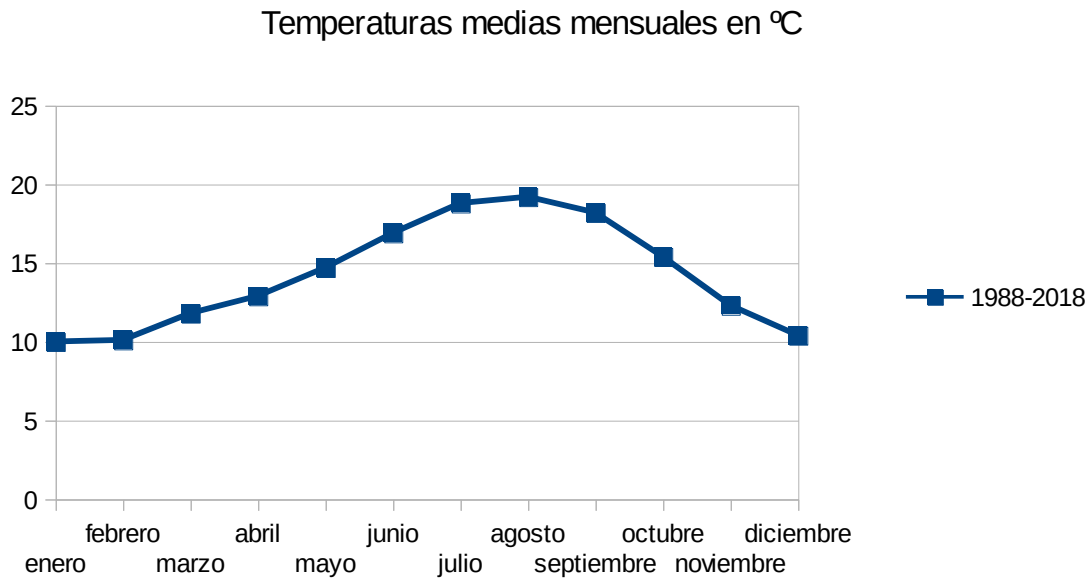


Tabla 8. Temperaturas medias mensuales Narón. Fuente: Propia.

ÍNDICES TERMOPLUVIOMÉTRICOS

1. **Índice de Lang**: Índice termopluviométrico que se calcula dividiendo la precipitación media anual (en mm.) entre la temperatura media anual (en º C).

   I = P/T

   I I= 998/14,2= 70,28

Valor de I	Zona
0 - 20	Desiertos
20 - 40	Árida
40 - 60	Húmedas de estepa y sabana
60 - 100	Húmedas de bosques claros
100 - 160	Húmedas de grandes bosques
> 160	Perhúmedas con prados y tundras

   Según el índice de Lang, se incluye en el intervalo de 60-100, es decir que, Narón se sitúa en una zona húmeda de bosques claros.

2. **Índice de Martonne**: Índice termopluviométrico que se calcula dividiendo la precipitación media anual (en mm.) entre la temperatura media anual (en ºC) más 10.

   I = P / (T+10)

   I = 998/14,2+10= 41,24

Valor de Ia	Zona
0 - 5	Desiertos (Hiperárido)
5 - 10	Semidesierto (Arido)
10 - 20	Semiárido de tipo mediterráneo
20 - 30	Subhúmeda
30 - 60	Húmeda
> 60	Perhúmeda

Según el índice de Martonne, Narón se encuentra en el intervalo 39-60, es decir, es una zona húmeda.

Índice de Dantin Cereceda: Índice termopluviométrico que se calcula dividiendo la temperatura media anual (en ºC) por 100, entre la precipitación media anual (en mm).

I = (100 x T) / P

I = (100 x 14,2) / 998 = 1,42

I_{DR}	*Zonas climáticas*
$I_{DR} > 4$	Zonas áridas
$4 \geq I_{DR} > 2$	Zonas semiáridas
$I_{DR} \leq 2$	Zonas húmedas y subhúmedas

Según el índice de Dantin Cereceda, el resultado es menor de 2, por lo que Narón se clasificaría en una zona climática húmeda y subhúmeda.

CLASIFICACIÓN CLIMÁTICA

Clasificación climática de Koppen:

Clima tipo C (templado cálido o mesotérmico). Se caracteriza por tener inviernos suaves en los que el mes más frío nunca presenta temperaturas medias inferiores a -3ºC. Esta temperatura es el límite del suelo permanentemente helado.

Dentro del tipo C, se hace una subdivisión con una segunda letra, en relación con las precipitaciones:

f: Precipitaciones constantes todos los meses.

m (monzónico): Con estación seca pero compensada por un alto nivel de precipitaciones anuales.

s: Estación seca durante el verano del respectivo hemisferio.

w: Estación seca durante el invierno del respectivo hemisferio.

Por último, para obtener mayor precisión climática, se introduce una tercera letra correspondiente al factor térmico:

a: Veranos calurosos, temperatura media del mes más cálido superior a 22ºC.

b: Verano cálido y largo: con al menos cuatro meses con temperaturas medias superiores a 10ºC.

c: Verano fresco y corto: menos de cuatro meses con temperaturas medias superiores a 10ºC.

d: Inviernos fríos: temperatura media del mes más frío inferior a -3ºC.

h: Clima caluroso y seco. Temperatura media anual superior a 18ºC.

k: Clima frío y seco. Temperatura media anual inferior a 18ºC.

i: Débil oscilación térmica anual.

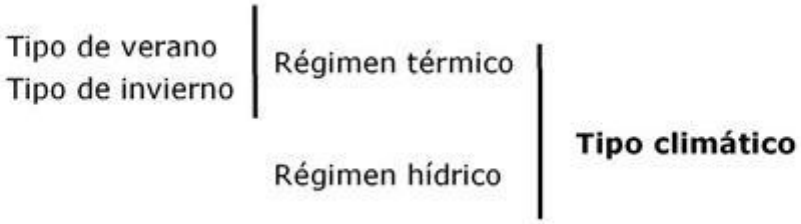
l: Temperaturas medias mensuales entre 10ºC Y 22ªC.

n: Nieblas frecuentes.

Narón, según la clasificación climática de Koppen, estaría dentro de la Csb.

(Csb) Oceánico mediterráneo (verano suave): Clima mediterráneo de verano cálido, el mes más frío con un promedio superior a 0 ° C, todos los meses con temperaturas promedio inferiores a 22 ° C y al menos cuatro meses con un promedio superior a 10 ° C. Al menos tres veces más precipitación en el mes más húmedo del invierno que en el mes más seco del verano, y el mes más seco del verano recibe igual o menos de 30 mm. Este clima a menudo es de transición entre el Csa (Mediterráneo) y el Cfb (oceánico). A diferencia del Mediterráneo, tiene un verano más suave, pero a diferencia de la temporada oceánica hay una estación seca y esto ocurre en los meses más cálidos.

Clasificación climática de Papadakis:



- **Tipo de verano**:

El tipo de verano define el calor estival. Para definirlo se deben considerar los siguientes datos: la estación libre de heladas mensual mínima (EmLH), disponible (EDLH) o media (EMLH); la media de las temperaturas medias de máximas de los 2, 4 ó 6 meses más cálidos (Tm max.); la media de máximas del mes más cálido (T max.); y la media de mínimas del mes más cálido (t min.) y se comparan con la siguiente tabla en donde también los valores están ordenados en función de la temperatura.

TIPO DE VERANO		**ExLH [x] (mes)**	**Tm max. (°C) [n]**	**T max. (°C)**	**T min. (°C)**
Gossypium (algodón)	cálido **G**	> 4.5 [m]	> 25 [6]	>33.5	>20
	fresco **g**	> 4.5 [m]	> 25 [6]	<33.5	<20
Coffee (café)	**c**	= 12 [m]	> 21 [6]	<33.5	<20
Oriza (arroz)	**O**	> 4 [m]	21 a 25 [6]		
Maize (maíz)	**M**	> 4.5 [D]	> 21 [6]		
Triticum (trigo)	cálido **T**	> 4.5 [D]	< 21 [6] y > 17 [4]		
	fresco **t**	2.5 a 4.5 [D]	> 17 [4]		
Polar	cálido **P** (taiga)	< 2.5 [D]	> 10 [4]		
	fresco **p** (tundra)	< 2.5 [D]	> 6 [2]		
Frigid (hielo)	cálido **F**		< 6 [2]	> 0	
	fresco **f**			< 0	
Andino-Alpino (praderas, patatas...)	cálido **A**	< 2.5 [D] > 1 [M]	> 10 [4]		
	fresco **a**	< 1 [M]	< 10 [4]		

- **Tipo de invierno**:

El tipo de invierno se calcula en función de la temperatura media de mínimas absolutas del mes más frío (t'a1), la temperatura media de mínimas del mes más frío (t1) y la temperatura media de máximas del mes más frío (T1), comparando los valores de la siguiente tabla en donde los valores están ordenados en función de la temperatura.

TIPO DE INVIERNO		**t'a1 (°C)**	**t1 (°C)**	**T1 (°C)**
Ecuatorial	**Ec**	> 7	> 18	
Tropical (Trigo)	cálido **Tp**	> 7	13 a 18	> 21
	medio **tP**	> 7	8 a 13	> 21
	fresco **tp**	> 7		< 21
Citrus (cítricos)	tropical **Ct**	-2,5 a 7	>8	> 21
	Ci	-2,5 a 7		10 a 21
Avena	cálida **Av**	-10 a -2,5	>-4	> 10
	fresca **av**	> -10		5 a 10
Triticum (Trigo)	avena-trigo **Tv**	-29 a -10		> 5
	cálido **Ti**	> -29		0 a 5
	fresco **ti**	> -29		< 0
Primavera	cálida **Pr**	< -29		> -17,8
	fresca **pr**	< -29		< -17,8

- Régimen térmico:

El régimen térmico según Papadakis se define en función de la estación cálida y la estación fría, de esta forma los doce tipos de verano y los trece tipos de invierno definidos anteriormente se combinan creando cuarenta tipos de regímenes térmicos.

REGIMEN TÉRMICO		**TIPO DE VERANO**	**TIPO DE INVIERNO**
Ecuatorial	cálido **EQ**	G	Ec
	semi-cálido **Eq**	g	Ec
Tropical	cálido **TR**	G	Tp
	semi-cálido **Tr**	g	Tp
	cálido con invierno frío **tR**	G, g	tP
	frío **tr**	O, g	tp
Tierra templada	**Tt**	c	Tp, tP, tp
	Tierra templada fresca **tt**	T	tp
Tierra fría	**baja TF** [7]	g	Ct o más frío
	media **Tf**	O, M	Ci o más frío
	alta **tf**	T, t	Ci o más frío
Andino	bajo **An**	A	Ti o más cálido
	alto **an**	a	Ti o más cálido
	taiga **aP**	P	Ti o más cálido
	tundra **ap**	P	Ti o más cálido
	desierto subglacial **aF**	F	Ti o más cálido
Subtropical	semi-tropical **Ts**	G, g	Ct
	cálido **SU**	G	Ci, Av

	semi-cálido **Su** [7]	g	Ci
Marino	**Mm**	T	Ci
	cálido **MA**	O, M	Ci
	fresco **Ma**	T	av Av
	frío **ma** [3]	P	av, Ti, Tv
	tundra **mp**	p	Ti, av
	desértico subglacial **mF**	F	Ti
Templado	cálido **TE**	M, O	av, Av
	fresco **Te**	T	ti, Ti, Tv
	frío **te**	t	ti, Ti
Pampeano-Patagoniano	Pampeano **PA** [4]	M, O	Av
	Patagoniano **Pa**	t	Tv, av, Av
	Patagoniano frío **pa** [6]	P	Ti, Tv, av
Continental	cálido **CO** [5]	g, G	Av o más frío
	semi-cálido **Co**	M, O	Ti o más frío
	frío **co**	t	pr, Pr
Polar	Taiga **Po**	P	ti o más frío
	Tundra **po**	p, a	ti o más frío
	Desierto subglacial **Fr**	F	ti o más frío
	Hielo permanente **fr**	f	ti o más frío
Alpino	bajo **Al**	A	Pr, ti, Ti, pr, Tv
	alto **al**	a	Pr, ti, Ti, Tv

- Régimen hídrico:

REGIMEN HÍDRICO	
Húmedo: Ningún mes seco. Ih > 1. Ln > 0,20*ETP.	**Húmedo permanente (HU)**, todos los meses son húmedos.
	Húmedo (Hu), algún mes no es húmedo.
Mediterráneo: Ni húmedo ni desértico. Precipitación invernal mayor que la precipitación estival. Si el verano es G, julio debe ser seco. Latitud > 20°, sino es monzónico.	**Mediterráneo húmedo (ME)**, Ln > 0,20*ETP y/o Ih > 0,88.
	Mediterráneo seco (Me), Ln < 0,20*ETP; 0,22 < Ih < 0,88; en uno o más meses con T>15°C se cumple que el agua disponible cubre la ETP: Pm+|VRm| > ETPm.
	Mediterráneo semiárido (me), demasiado seco para ser **Me**.
Monzónico: Ni húmedo ni desértico. Ih(VII-VIII)>(IhIV-V). Julio o Agosto deben ser húmedos, si dos meses invernales son húmedos. Julio o Agosto deben ser no-secos, si dos meses invernales son no-secos. En caso contrario el régimen es estepario o isohigro semiárido.	**Monzónico húmedo (MO)**, Ln > 0,20*ETP y/o Ih > 0,88.
	Monzónico seco (Mo), Ln < 0,20*ETP; 0,44 < Ih < 0,88.
	Monzónico semiárido (mo), Ih < 0,44.
Estepario (St): Ni húmedo ni mediterráneo ni monzónico. Primavera no seca (ΣVm=IIIPPTm>0,5*ΣVm=IIIETPm). Latitud > 20°, sino es monzónico.	
Desértico:	**Desértico absoluto (da)**, Ihm < 0,25, para todo

Todos los meses con T > 15°C son secos; Ih < 0,22.	mes con Tm > 15°C; Ih < 0,09.
	Desértico mediterraneo (de), no suficientemente árido para **da**; lluvia invernal mayor que la estival.
	Desértico monzónico (do), no suficientemente árido para **da**; julio-agosto menos secos que abril-mayo.
	Desértico isohigro (di), ninguno de los anteriores ni **da**, ni **de**, ni **do**.
Isohigro semiárido (si): Muy seco para estepario. Muy húmedo para desértico. Ni mediterráneo, ni monzónico.	

* Los números romanos indican los meses, el invierno viene definido por los meses de diciembre, enero y febrero; y el verano por los de junio, julio y agosto. Todos los meses nombrados, incluidos los anteriores, se refieren al Hemisferio Norte, para el Hemisferio Sur se sustituye julio por enero, agosto por febrero, etc.

- Unidades climáticas:

Finalmente, el sistema define las unidades climáticas y sus subdivisiones teniendo en cuenta el régimen térmico y el régimen hídrico según la siguiente tabla:

UNIDAD	Subunidad	REGIMEN TERMICO	REGIMEN HÍDRICO
TROPICAL	Ecuatorial húmedo semi-cálido	Eq	Hu, MO (Ih>1)
	Tropical húmedo semi-cálido	Tr	Hu, MO (Ih>1)
	Ecuatorial-tropical seco semicálido	Eq, Tr	MO, Mo (Ih<1)
	Ecuatorial-tropical cálido	EQ, TR	MO, Mo
	Ecuatorial-tropical semi-árido	EQ, Eq, TR, Tr	Mo
	Tropical fresco	tr	HU, Hu, MO, Mo
	Tierra templada húmeda	Tt, tt	HU, Hu, MO
	Tierra templada seca	Tt, tt	Mo, mo
	Tropical cálido de invierno fresco	tR	HU, Hu, MO, Mo, mo
TIERRA FRIA	Tierra fría semi-tropical	TF (invierno Ct)	HU, Hu, MO, Mo, mo
	Tierra fría baja	TF (invierno Ci, Av)	HU, Hu, MO, Mo, mo
	Tierra fría media	Tf	HU, Hu, MO, Mo, mo
	Tierra fría alta	tf	HU, Hu, MO, Mo, mo
	Andino bajo	An	HU, Hu, MO, Mo, mo
	Andino alto	an	HU, Hu, MO, Mo, mo
	Andino de taiga	aP	HU, Hu
	Andino de tundra	ap	HU, Hu, MO, Mo, mo
	Andino de desierto sub-glacial	aF	HU, Hu, MO, Mo, mo
DESERTICO	Desierto tropical cálido	EQ, TR, tR	da, de, di, do
	Desierto subtropical cálido	Ts, SU	da, de, di, do
	Desierto tropical fresco	Eq, Tr, tr	da, de, di, do
	Desierto subtropical fresco	Su, MA, Mm	da, de, di, do
	Desierto de tierras altas de bajas	Tf, tt, TF, Tf, tf, An, an	da, do

	latitudes		
	Desierto continental	CO, Co, co, te	da, de, di, do
	Desierto pampeano	PA, TE	da, de, di, do
	Desierto patagoniano	Pa, pa	da, de, di, do
SUBTROPICAL	Subtropical húmedo	SU, Su	HU, Hu
	Subtropical monzónico	SU, Su	MO, Mo, mo (con primavera seca)
	Semi-tropical cálido	Ts (verano G)	
	Semi-tropical semi-cálido	Ts (verano g)	HU, Hu, MO, Mo, mo
	Subtropical semi-mediterráneo	SU, Su	MO, Mo (no seca la primavera)
PAMPEANO	Pampeano típico	PA	St
	Pampeano de tierras altas	Pa	St
	Pampeano subtropical	SU, su	St
	Pampeano marítimo	TE, MA, Mm, Ma	St
	Peri-pampeano monzónico	PA	Mo, mo
	Peri-pampeano semiárido	PA, TE, SU, Su	si
	Pradera patagoniana	Pa, pa, ma	St
	Patagoniano semi-árido	Pa, pa, Ma, TE	mo, si, me
MEDITERRANEO	Mediterráneo subtropical	SU, Su	ME, Me
	Mediterráneo marítimo	MA, Mm	ME, Me
	Mediterráneo marítimo fresco	Ma	ME
	Mediterráneo tropical	tr	ME, Me
	Mediterráneo templado	TE	ME, Me
	Mediterráneo templado fresco	Te, te, Po, Pa, pa	ME, Me
	Mediterráneo continental	CO, Co, co	ME, Me
	Mediterráneo semiárido subtropical	SU, Su, Tr, tr, MA	me
	Mediterráneo semiárido continental	CO, Co, co, TE, Te, te	me
MARITIMO	Marítimo cálido	MA, Mm	HU, Hu
	Marítimo fresco	Ma	HU, Hu
	Marítimo frío	ma	HU, Hu
	Marítimo polar	mp, mF	HU, Hu
	Templado cálido	TE	HU, Hu
	Templado fresco	Te	HU, Hu
	Templado frío	te	HU, Hu
	Patagoniano húmedo	Pa, pa	Hu, Hu
CONTINENTAL HUMEDO	Continental cálido	CO	HU, Hu, Mo
	Continental semi-cálido	Co	HU, Hu, MO
	Continental frío	co	HU, Hu, MO
ESTEPARIO	Estepario cálido	CO	St
	Estepario semi-cálido	Co	St
	Estepario frío	co	St
	Estepario templado	te, Te	St
	Estepario polar	Po (invierno Pr)	St
	Continental semi-árido	CO, Co, co, te, Po	si
	Continental monzónico seco	CO, Co, co	Mo, mo
POLAR	Taiga	Po	HU, Hu, MO, Mo, St (con

			invierno pr)
	Tundra	po	cualquiera
	Desierto sub-glacial	Fr	cualquiera
	Hielo permanente	fr	cualquiera
	Alpino	Al, al	cualquiera

Según la clasificación de Papadakis, Narón sería:

- Verano: Estación libre de heladas mensual mínima disponible mayor de 4,5; temperatura media máxima mayor de 17 y menor de 21. Sería tipo cálido T.
- Invierno: Temperatura media de mínimas absolutas del mes más frío entre -2,5 y 7; la temperatura media de máximas del mes más frío entre 10 y 21. Sería tipo Ci.
- Régimen térmico: Mm.
- Régimen hídrico: Hu.

T + Ci + Mm + Hu = Marítimo cálido

Según la clasificación de Papadakis, Narón tiene un clima marítimo cálido.

Clasificación climática UNESCO-FAO:

Clase de clima:

CLASE	CONDICION
Grupo **1**	$tm_1 > 0$
Cálido	$tm_1 \geq 15$
Templado-cálido	$15 > tm_1 \geq 10$
Templado-medio	$10 > tm_1 > 0$
Grupo **2**	$0 \geq tm_1$
Templado-frío	$0 > tm_1 \geq -5$
Frío	$-5 > tm_1$
Grupo **3**	$0 > tm_{12}$
Glacial: todos los meses del año con tm negativa.	$0 > tm_{12}$

Tipo de invierno:

TIPO DE INVIERNO	CONDICION
Sin invierno	$t_1 \geq 11$ºC
Cálido	$11 > t_1 \geq 7$
Suave	$7 > t_1 \geq 3$
Moderado	$3 > t_1 \geq -1$
Frío	$-1 > t_1 \geq -5$
Muy frío	$-5 > t_1$

Clase de clima grupo térmico 1:

Xéricos	Áridos	Período seco mayor de 9 meses
	Mediteráneo	Período seco de 1 a 8 meses. Coincidiendo con la estación cálida de días más largos.
	Tropical	Período seco de 1 a 8 meses. Coincidiendo con la estación de los días más cortos.
Bixérico		Período seco de 1 a 8 meses, sumando dos períodos diferenciados de sequía.
Axérico		Ningún mes seco

Subdivisión por aridez grupo térmico 1:

Tabla: Subdivisión por aridez para el grupo térmico 1: Cálido, templado-cálido y templados.

SUBDIVISION	TIPO	CONDICION
Axéricos		$P_i > 2 \cdot tm_i$ todos los meses y X = 0
	Cálido ecuatorial	$tm_1 \geq 20$
	Cálido subecuatorial	$20 > tm_1 \geq 15$
	Templado cálido	$15 > tm_1 \geq 10$
	Templado medio	$10 > tm_1 \geq 0$
	Templado de transición	$tm_1 < 0$
Xéricos		los meses con $P_i < 2 \cdot tm_i$ son consecutivos
	Desértico	X > 300
	Subdesértico acentuado	300 ≥ X > 250
	Subdesértico atenuado	250 ≥ X > 200
	Xeromediterráneo	200 ≥ X > 150 *
	Termomediterráneo acentuado	150 ≥ X > 125 *
	Termomediterráneo atenuado	125 ≥ X >100 *
	Mesomediterráneo acentuado	100 ≥ X > 75 *
	Mesomediterráneo atenuado	75 ≥ X > 40 *
	Submediterráneo	40 ≥ X > 0 *
	Tropical acentuado	200 ≥ X > 150 **
	Tropical medio	150 ≥ X > 100 **
	Tropical atenuado	100 ≥ X > 40 **
	Tropical de transición	40 ≥ X > 1 **
Bixéricos		los meses con $P_i < 2 \cdot tm_i$ no son consecutivos
	Bixérico acentuado	200 ≥ X > 150 ***
	Bixérico medio	150 ≥ X >100 ***
	Bixérico atenuado	100 ≥ X >40 ***
	Bixérico de transición	40 ≥ X >1 ***

Según el sistema UNESCO-FAO, Narón se encuentra en la clasificación climática del grupo 1, dentro de la clase templado-cálida, ya que la temperatura media del mes más frío es igual a 10ºC. El tipo de invierno es suave, pues la temperatura media de mínimas del mes más frío es menor de 7ºC y mayor que

3ºC. Estaría dentro del clima axérico, dentro de la subdivisión templado-cálido.

1.2 AGUA:

En acuaponía, hay 5 parámetros básicos a tener en cuenta respecto al agua:

- El oxígeno disuelto.

- El pH.

- La temperatura.

- El nitrógeno total.

- La alcalinidad.

Estos parámetros tendrán influencia tanto en las plantas y los peces, como en las bacterias, por eso es crucial tenerlos controlados (generalmente son bastante similares entre sí).

Tipo de organismo	Temperatura (ºC)	pH	Amoníaco (mg/litro)	Nitritos (mg/litro)	Nitratos (mg/litro)	Oxígeno disuelto (mg/litro)
Peces de aguas cálidas	22-32	6-8.5	<3	<1	<400	4-6
Peces de aguas frías	10-18	6-8.5	<1	<0.1	<400	6-8
Plantas	16-30	5.5-7.5	<30	<1	-	>3
Bacterias	14-34	6-8.5	<3	<1	-	4-8

Tabla 9. Valores óptimos para los peces, las plantas y las bacterias nitrificadoras. Fuente: Propia.

	Temperatura (ºC)	pH	Amoníaco (mg/litro)	Nitritos (mg/litro)	Nitratos (mg/litro)	Oxígeno disuelto (mg/litro)
Sistema acuapónico	18-30	6-7	< 1	< 1	5-150	> 5

Tabla 10. Parámetros ideales sistema de acuaponía. Fuente: Propia.

Oxígeno disuelto

El oxígeno disuelto describe los niveles de moléculas de oxígeno que se encuentran en el agua. Este es el parámetro que más rápida y drásticamente produce efectos sobre los organismos. El oxígeno de la atmósfera se disuelve directamente en el agua, y es suficiente en condiciones normales, pero en acuaponía, con grandes densidades de peces es imprescindible hacer aportaciones de oxígeno mediante bombas de agua, o producir pompas de aire en el agua. El oxígeno disuelto y la temperatura forman una relación única, ya que cuando la temperatura es alta, el oxígeno del agua comienza a descender.

Variación de la saturación de oxígeno en función de la temperatura del agua

Temperatura del agua (°C)	OD 100% saturación[1] (mg/l)
0	14.60
2	13.81
4	13.09
6	12.44
8	11.83
10	11.28
12	10.77
14	10.29
16	9.86
18	9.45
20	9.08
22	8.73
24	8.40
26	8.09
28	7.81
30	7.54
32	7.29
34	7.05

Tabla 11. Agua dulce, a nivel del mar. Fuente: Propia.

Variación de la saturación de oxígeno en función de la altitud y la profundidad del agua

Altitud (m)	Temperatura del agua	
	20° C	30° C
0	9.08	7.54
300	8.76	7.27
600	8.46	7.01
900	8.16	6.77
1200	7.88	6.53
1500	7.61	6.29
1800	7.34	6.07
2100	7.08	5.85

Tabla 12. Altitud (valores de 100% de saturación para agua dulce, en mg/l). Fuente: Propia.

Profundidad del agua (m)	Temperatura del agua 20°C (al nivel del mar)
0	9.08
0.5	9.53
1.0	9.98
1.5	10.43
2.0	10.87
2.5	11.32
3.0	11.77
3.5	12.22

Tabla 13. Profundidad (valores de 100% de saturación para agua dulce, en mg/l). Fuente: Propia.

pH

El pH define la cantidad de iones de hidrógeno que se encuentran en el agua (cuantos más iones de hidrógeno, más ácida es el agua), y esto se mide en una escala del 0 al 14, siendo 7 el valor neutro (por encima es alcalino y por debajo ácido). El pH es fundamental en la acuaponía, sobre todo para las plantas y las bacterias. El control del pH con respecto a las plantas se hace añadiendo micronutrientes y macronutrientes. Por debajo de un pH de 6, las bacterias nitrificantes experimentan dificultades, y la capacidad de las bacterias de convertir el amoníaco en nitrato se reduce en condiciones ácidas y de bajo pH (esto puede reducir la biofiltración; lo que se traduciría en problemas causados por excesos de amoníaco, ya que las bacterias disminuirían la conversión de este en nitratos, y consecuentemente afectaría a los organismos del sistema).

Ilustración 8. Tabla ph. Fuente: https://www.masterblend.net/en/rug-cleaning-articles/95-cleaning-wool-rugs-and-the-mystery-of-ph.html

Temperatura

La temperatura del agua afecta directamente en todos los aspectos de los sistemas de acuaponía. En general el rango de temperatura debe mantenerse en torno a los 18-30 ºC. Las altas temperaturas disminuyen los niveles de oxígeno disuelto en el agua, y esta contiene más amoníaco (tóxico), además de dificultar las absorciones de calcio. Para un correcto funcionamiento del sistema de acuaponía, se deben escoger plantas y peces que sean compatibles respecto a la temperatura, y que estén adaptadas al clima local. En climas sin demasiadas fluctuaciones térmicas entre el día y la noche, y entre el invierno y el verano, los sistemas acuapónicos son muy productivos. En climas con fluctuaciones térmicas diarias y estacionales muy acusadas, existen diversos sistemas para controlar la temperatura, e incluso sistemas electrónicos y solares para mantener el agua en una temperatura constante.

Nitrógeno total

El nitrógeno es fundamental para todo tipo de vida, y para una gran parte de las proteínas. Este entra en el sistema de acuaponía mediante el alimento de los peces, cuya composición es básicamente proteína medida en porcentaje. Los peces consumen el alimento, y utilizan parte de la proteína para crecer; la otra parte se incorpora de nuevo al sistema mediante sus desechos. Estos desechos son fundamentalmente amoníaco (NH3), y se expulsan tanto por la orina como por las branquias, aunque también se expulsan desechos sólidos que se convierten en amoníaco mediante actividades microbianas. Posteriormente, las bacterias nitrificadoras contenidas en el agua, convierten este amoníaco en nitritos (NO2-) y nitratos (NO3-).

Los compuestos nitrogenados son el compuesto esencial de la gran mayoría de los fertilizantes, y aunque todos son asimilables por las plantas, el nitrato es el más accesible. En un sistema acuapónico en pleno funcionamiento con una biofiltración adecuada, los niveles de amoníaco y nitrito deben estar cerca de cero, o como máximo de 0,25 a 1,0 mg / litro, pues a partir de estas cifras los organismos comienzan a sufrir problemas que pueden causarles la muerte. Las bacterias presentes en el biofiltro deben ser capaces de convertir casi todo el amoníaco y el nitrito antes de que estos se acumulen en el sistema.

El exceso de amoníaco en el sistema (más de 1mg/litro), produce problemas rápidamente en el sistema nervioso y en las agallas de los peces, produciendo convulsiones, respiraciones desequilibradas, cambios de color, fallos en el sistema inmunológico, inflamación y la muerte. Por otra parte, los defectos de amoníaco también son perjudiciales para ellos, produciéndoles estrés, susceptibilidad a enfermedades, y, de nuevo, la muerte.

Los nitritos (en concentraciones mayores a 0.25mg/litro), tienen unos efectos similares al amoníaco de toxicidad. Además, grandes concentraciones de NO2-, no permiten una correcta circulación del oxígeno por el torrente sanguíneo de los peces, adquiriendo la sangre un aspecto denso y oscuro.

Respecto a los nitratos, estos son mucho menos tóxicos que el resto de formas del nitrógeno, siendo el más fácilmente asimilable por las plantas, y tolerando los peces unas cantidades de hasta 400mg/litro. A pesar de la gran tolerancia de los peces a este compuesto, las plantas pueden tener problemas a partir de los 250 mg/litro, ya que tendrían un crecimiento vegetativo excesivo, y podrían llegar a ser tóxicas para los consumidores debido a la gran acumulación de nitratos en las hojas. La recomendación es mantener los nitratos en niveles entre los 5-150mg/litro.

Ilustración 9. Ciclo del nitrógeno. Fuente: https://www.medusea.es/ciclado-del-acuario-el-ciclo-del-nitrogeno/

Dureza del agua (alcalinidad)

Existen dos tipos fundamentales de durezas del agua, la dureza general (medida de iones positivos en el agua, que serían fundamentalmente la cantidad de calcio (Ca2 +), magnesio (Mg2 +) y hierro (Fe +) presentes en el agua) y la alcalinidad (capacidad amortiguadora del agua, es decir, la cantidad de carbonatos (CO32-) y bicarbonatos (HCO3) disueltos en el agua). La dureza general no tiene incidencias negativas en los sistemas acuapónicos, pero la alcalinidad tiene una influencia directa en el pH, haciendo de resistencia a la disminución de este.

Los carbonatos y bicarbonatos que se encuentran en el agua se unen a los átomos de hidrógeno liberados por los ácidos, eliminando así los átomos de H+

de esta, y protegiendo a su vez a los organismos del sistema (sobre todo a los peces) de los cambios bruscos del pH.

Clasificación de la dureza del agua	mg/litro
Suave	0-60 mg/litro
Moderadamente dura	60-120 mg/litro
Dura	120-180 mg/litro
Muy dura	>180 mg/litro

Tabla 14. Dureza del agua. Fuente: Propia.

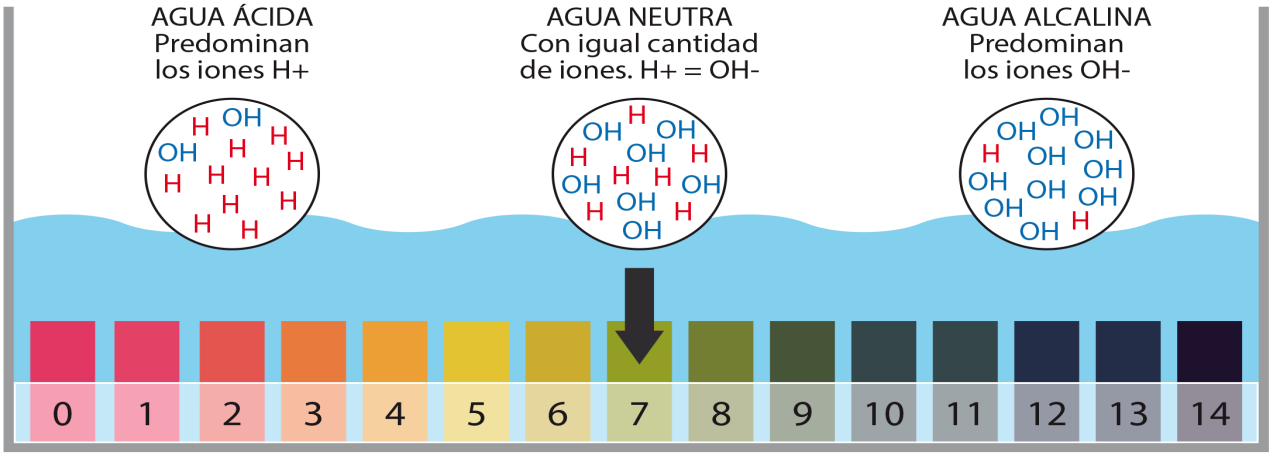


Ilustración 10. Ph en el agua. Fuente: https://www.outlet-piscinas.com/blog/ph-agua-piscina

La finca en la que realizaremos el proyecto cuenta con un pozo de barrena del cual extraeremos el agua para utilizar en los sistemas acuapónicos. Por esto realizamos un análisis de agua para verificar que todos los parámetros que debemos cumplir están correctos, y en el caso contrario, tomar medidas para corregirlos y así poder utilizar dicha agua.

XUNTA DE GALICIA
CONSELLERÍA DO MEDIO RURAL E DO MAR
Laboratorio Agrario e Fitopatolóxico de Galicia

Estrada AC-542 pk 7,5
Mabegondo. Abegondo
15318 A Coruña
Tel.: 881 851 366. Fax: 881 851 373
http://medioruralmar.xunta.es
CIF Q1500322A

INSTITUTO GALEGO DA CALIDADE ALIMENTARIA
INGACAL

Fecha de Entrada: 15/10/2014
Nº de Recepción: 000058445
Tipo de Análisis: Informativo

CFEA GUISAMO

Lugar de Bos, 14 - Guísamo

Ilustración 11. Analítica de agua. Fuente: Xosé Lois Arenas.

Uno de los parámetros más importantes representados en la analítica es el pH del agua, que es de 6,6, un parámetro ideal para los sistemas acuapónicos; por lo tanto el pH no debe ser modificado.

Otro de los parámetros más importantes del agua es su temperatura. Una vez llenados los tanques, hemos hecho dos pruebas. Uno lo hemos cubierto con una lona para protegerlo del sol y los cambios de temperatura durante todo el día, y lo hemos destapado por la noche, el otro lo hemos tapado solamente

durante las horas de máxima incidencia del sol, entre las 12:00 y las 17:00 (hay que añadir que esta prueba debe modificarse según la época del año, ya que la salida y puesta del sol varía, y también según las temperaturas ambientales y las características del día, si está soleado, nublado…Nosotros hemos realizado la prueba con una temperatura ambiental de 17ºC y un cielo mayoritariamente soleado). En el tanque que se ha tapado durante todo el día hemos registrado una temperatura del agua de unos 15ºC ; en cambio, en el tanque que solamente ha sido parcialmente tapado, la temperatura del tanque ascendía a los 18 ºC. Este dato es compatible con ambos tipos de peces escogidos, pero teniendo en cuenta que la Tilapia es un pez de aguas cálidas y solamente lo colocaremos en los 7 meses más cálidos del año, podemos jugar con esto a nuestro favor para proporcionarle un agua más adecuada a sus necesidades. El tanque de las Truchas Arcoíris es preferible que permanezca tapado gran parte del día para mantener una temperatura baja, a no ser que las condiciones meteorológicas permitan que este esté descubierto.

Con un medidor de oxígeno disuelto, comprobaremos la cantidad de este en los tanques. En el tanque que se encontraba tapado durante el día, el oxígeno disuelto se situaba en 9,97mg/l, un parámetro ideal para las Truchas.

En el tanque que estuvo parcialmente tapado se situaba en 9,45 mg/l , algo alto para las Tilapias, pero teniendo en cuenta que la temperatura del agua subirá en los meses cálidos, y esto va directamente relacionado con la disminución del oxígeno disuelto, no habrá problemas ni precisaremos de correcciones.

La dureza del agua es dulce, pues nos da 1,94.

Los nitratos en el agua son de 2,48 mg/litro. Esto es un dato muy bajo, pero totalmente normal pues el agua analizada no es del tanque de peces sino de la fuente de abastecimiento. Una vez introducidos los peces en el tanque con el agua analizada, los nitratos disueltos en el agua aumentarán notablemente.

Como en la analítica no nos mostraban los niveles de amoníaco y nitritos, hemos realizado las pruebas con unas tiras reactivas específicas de ambos los elementos.

Las tiras reactivas de nitritos revelaron unos resultados de 0,1 mg/l.

Las tiras reactivas de amoníaco revelaron unos resultados de 0,2 mg/l.

Ninguno de los dos parámetros debe ser modificado.

1.3 SUELO:

A la hora de elegir el sustrato, se ha de tener en cuenta que en la acuaponía, el sistema es cerrado y la composición del agua o del sustrato puede influir en el cultivo de los peces. Por ello, se prescinde de sustratos orgánicos que pudieran reaccionar de alguna manera y se tiende al uso de sustratos inorgánicos o cultivos no basados en sustratos.

Entre los sustratos que podemos utilizar, podemos mencionar sustratos inorgánicos como la arcilla, la grava o la arena, evitando posibles reacciones con el agua que circula por el sistema.

Ilustración 12. Tipos de sustrato. Fuente: https://hcoetsia.wordpress.com/2016/01/28/uso-de-sustratos-en-acuaponia/

También nos encontramos con la opción de usar sistemas que no están basados en sustratos, como los cultivos en agua, en los cuales las plantas se encuentran directamente colocadas sobre el agua, con sus raíces totalmente o parcialmente sumergidas (normalmente las plantas están colocadas sobre tuberías de pvc agujereadas que contienen las raíces de las mismas); o las balsas flotantes, en las cuales los cuellos de las plantas se insertan sobre paneles de materiales que tengan la capacidad de flotar (como el polietileno expandido), y cuyas raíces se quedan sumergidas en la solución nutritiva proveniente del estanque o también podrían colocarse directamente sobre este (en este método, es necesaria la aportación de oxígeno al agua mediante inyectores para evitar la asfixia radicular).

Con esta información, concluimos que no es necesario ni limitante el suelo y su composición, pues es completamente prescindible.

En nuestro caso, al usar el sistema NFT, no precisamos camas de cultivo, pero si precisamos pequeñas cestas que contendrán una pequeña cantidad de sustrato inerte; en este caso hemos escogido arcilla.

1.4 PLAGAS Y ENFERMEDADES:

Algas

La actividad de las algas en los sistemas acuapónicos afecta al pH, el oxígeno disuelto y los niveles de nitrógeno.

Las algas son organismos fotosintéticos similares a las plantas, que crecen fácilmente en aguas con nutrientes y expuestas al sol. Hay algas microscópicas como el fitoplancton (organismos unicelulares), que colorean el agua de color verde, o algas de gran tamaño, llamadas macroalgas, que se unen a los fondos y lados de los tanques de los peces.

En acuaponía es fundamental combatir la aparición de algas para evitar perjudicar nuestro sistema, ya que estas compiten con las plantas por los nutrientes; consumen oxígeno por la noche durante la respiración, reduciendo en grandes cantidades el oxígeno disuelto en el agua, causando la muerte de los peces y reduciendo el pH del agua; producen oxígeno durante el día, consumiendo dióxido de carbono y aumentando el pH del agua. Además, las algas filamentosas pueden obstruir los drenajes y los filtros del sistema, y también adherirse y crecer en las raíces de las plantas, afectando negativamente a su desarrollo.

Ilustración 13. Pecera con fitoplancton. Fuente:

http://www.acuaristas.cl/phpbb/viewtopic.php?t=106827

Ilustración 14. Bosque de macroalgas.

https://www.ecoticias.com

Prevenir las algas es relativamente fácil, procurando que el tanque no este expuesto demasiado tiempo a la luz solar, y en el caso de que esto sea inviable, utilizar telas, lonas, y demás materiales para cubrir los biofiltros y los tanques, de manera que las algas no puedan florecer sin luz.

Parásitos, bacterias y otros pequeños organismos

En los sistemas acuapónicos, con el paso del tiempo, se pueden instaurar otro tipo de organismos distintos a los peces y las bacterias nitrificadoras. Estos pueden ser útiles para el sistema, como las lombrices de tierra, que ayudan a descomponer los deshechos de los peces; pueden ser indiferentes para el sistema, ya que ni aportan ni perjudican, como por ejemplo pequeños crustáceos que viven en los biofiltros; y otros pueden ser perjudiciales para el sistema. Entre los perjudiciales para el sistema nos podemos encontrar con diversos tipos de parásitos, bacterias y plagas que pueden poner en peligro el correcto y equilibrado funcionamiento del sistema.

Para evitar que los distintos organismos dañinos proliferen, conviene tener un sistema equilibrado, con peces y plantas sin estrés, fuertes y correctamente alimentados, que puedan defenderse a sí mismos con su propio sistema inmunológico. Además de un correcto funcionamiento del sistema, podemos combatir estos elementos tanto físicamente (barreras para las plagas, retirada a mano, trampas…) como biológicamente (depredadores). Quedan excluidos los tratamientos químicos, ya que serían muy perjudiciales para los peces, a no ser que las plantas se traten alejadas de los peces y se espere a que se sequen los productos para reincorporarlas al sistema (los tratamientos químicos deben ser el último recurso a usar en acuaponía).