

5. EL TRANSPORTE DE LA HUMEDAD

En este apartado se procederá a analizar el proceso de transporte del agua evapotranspirada desde los campos de regadío de la cuenca del mar de Aral hasta el mar Caspio. Para ello se analizarán las direcciones de viento anuales predominantes en la zona y se presentarán registros de humedad registrados en estaciones meteorológicas situadas entre el Mar Caspio y las cuencas de los ríos Syr Darya y Amu Darya.

Tras los resultados obtenidos en el estudio de variación de las precipitaciones en el mar Caspio, será de gran importancia verificar la coherencia de dichos resultados con las características de transporte de humedad. Recordemos que se ha visto que, aunque efectivamente se ha producido un aumento en la precipitación media anual del Caspio, dicho aumento no se refleja precisamente en los meses correspondientes a la época de regadío de los campos del área del Aral (figura 13). En este apartado se pretende buscar alguna relación entre estos resultados y el transporte de humedad en el trayecto desde las superficies de los campos de regadío de la cuenca del mar Aral hasta la superficie del mar Caspio.

5.1. DIRECCIONES DE VIENTO

La información referente a las direcciones y velocidades del viento en área de interés de este trabajo (Asia central) se ha extraído de la enciclopedia de climatología mundial de Lydolph [55].

La región climática de Asia central se extiende hasta el centro de Kazakhstan, donde limita por el norte con un gran eje de altas presiones el cual, en los meses más fríos del año, se extiende hacia el Oeste, hacia la gran zona montañosa del Tíbet. Por término medio, los vientos de esta zona en los meses de invierno divergen de dirección Norte a Sur desde este cinturón de altas presiones, haciendo que a la zona norte de Siberia lleguen vientos de dirección Sur y a las zonas situadas al Sur del eje lleguen vientos de componente Norte.

Vemos que la zona intermedia entre los mares Aral y Caspio está dominada por vientos provenientes del este, con una constancia relativamente alta (61-70 %) En la figura 25, podemos observar una distribución algo más localizada de las direcciones de viento en centro Asia en los meses de invierno [56]. En este otro mapa eólico se puede verificar la dirección E y NE de los vientos procedentes de las cuencas del Syr Daria y el Amu Darya.

En verano no existe la línea de divergencia en las direcciones de viento que determina el comportamiento eólico de la región en invierno, pero el límite norte de la zona centro asiática – tal y como aquí lo hemos definido- se ve afectado por las bajas presiones provenientes de la zona Sur, generando las precipitaciones máximas anuales en la zona oeste de Siberia en esta época del año (figura 26). De este modo, y a una escala mayor de la que nos ocupamos en este trabajo, en los meses de invierno son usuales las precipitaciones en la zona Norte del centro de Asia, mientras que en los meses más cálidos el mayor número de precipitaciones se produce en la zona Sur. Esta afirmación se puede verificar en el registro de precipitaciones mensual del que se ha dispuesto en este trabajo. Por otro lado, vemos que en los meses de verano los vientos en la zona Caspio – Aral presentan un dirección mayoritaria noroeste.

Según la figura 27 [57], sobre las extensiones de riego predominan unas velocidades medias de viento moderadas (entre 2.5 y 3.9 m/s), mientras que en el área entre la cuenca del mar Aral y el Caspio los vientos presentan velocidades medias algo superiores (entre 4 y 5.9 m/s).

Tabla 18. Principales direcciones de viento. Datos procedentes de las estaciones meteorológicas de Turkmenbasin, Ashkhabad, Kushka y Bukhara. 1999). [58]

LOCALIZACIÓN	DIRECCIÓN	
	Invierno	Verano
TURKMENBASIN	NE	N
KRASNOVODSK	NE	N
ASHKHABAD	N	N
KUSHKA	NW	N
BUKHARA	NE	NW

Teniendo en cuenta que los datos eólicos procedentes de las obras de Chelspanova [56] y de Anapolskaya [57] tienen cierta antigüedad (años sesenta) se han estudiado los datos de dirección de viento registrados en 1999 en una serie de estaciones meteorológicas situadas en diferentes puntos entre el mar Caspio y los campos de regadío de las cuencas del mar Aral (tabla18)



Figura 24 Localización de las estaciones meteorológicas de Turkmenbasin, Ashkhabad, Kushka y Bukhara (<http://mappoint.msn.com>). Las flechas indican las direcciones actuales de viento en cada estación [58]

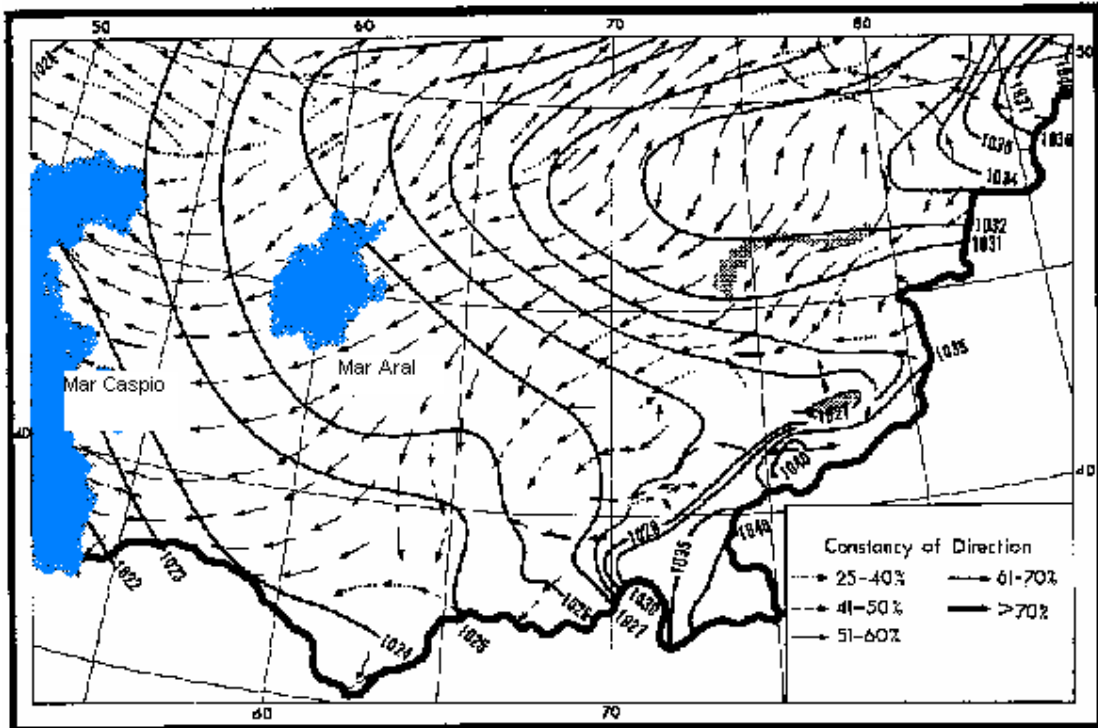


Fig. 25. Direcciones de viento características de los meses de invierno (datos registrados en Enero) [56]

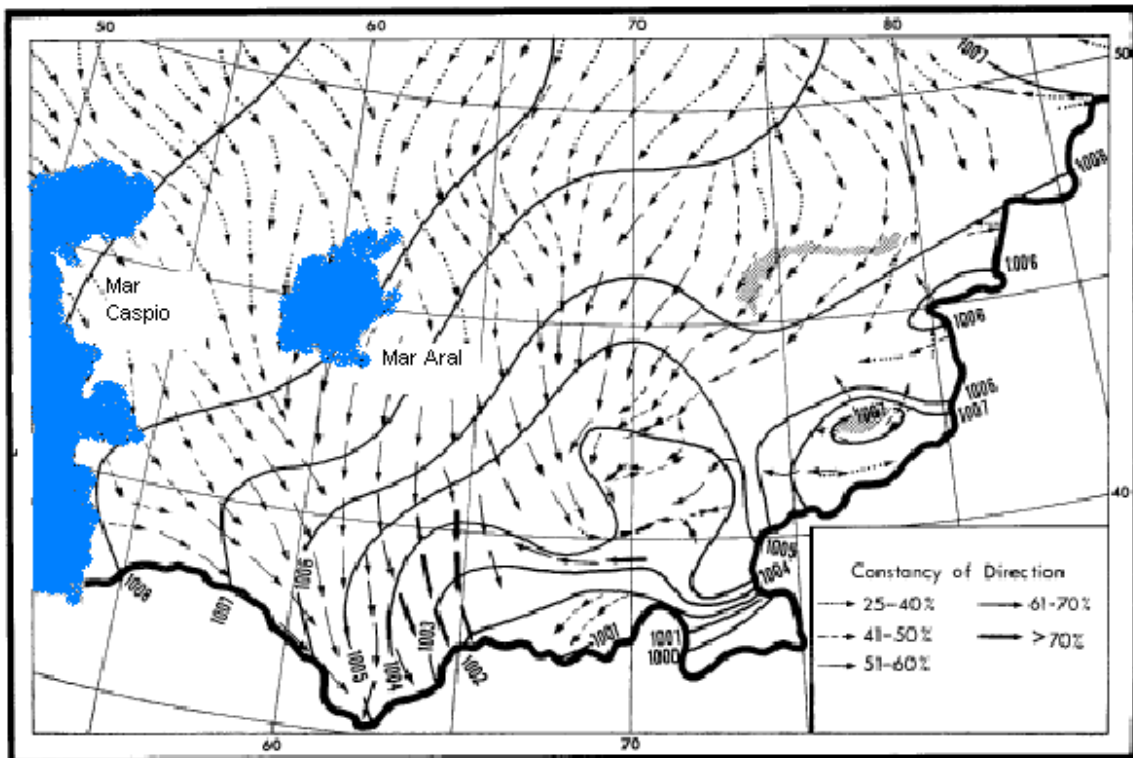


Fig.26. Direcciones de viento características de los meses de verano (datos registrados en Julio) [56]

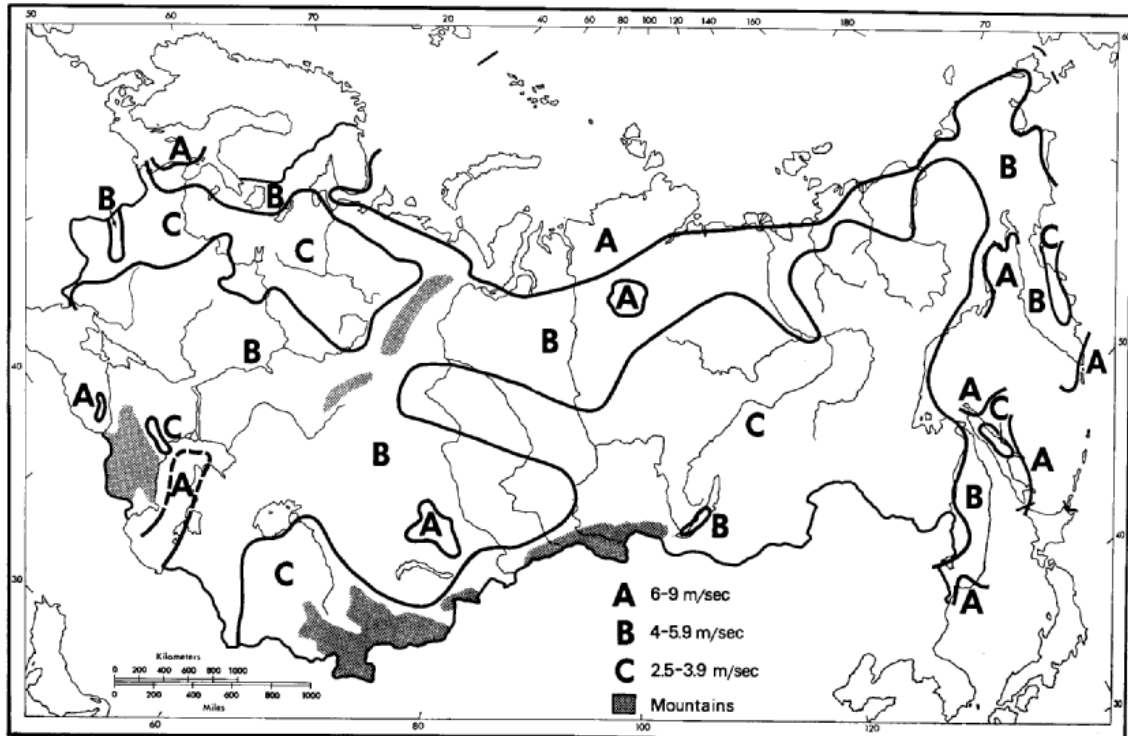


Fig. 27. Velocidades de viento medias anuales [57]

5.2. VARIACIONES DE HUMEDAD

Para analizar el estudio de la humedad se ha tenido en cuenta el estudio realizado por Kadurin y Klige [59], sobre el balance de masas del mar Caspio y el mar de Aral.

Se considera la expresión que define el *balance de radiación R* como:

$$R=Q (1-A) - E$$

donde:

Q: radiación solar total incidente en la superficie

A: albedo

E: radiación efectiva

Durante las últimas décadas, se han producidos cambios significativos en los valores registrados de radiación directa y difusa. Sobre la zona de Asia central la radiación directa ha disminuido un 5%, mientras que la radiación difusa ha crecido un 50%. Esto es debido principalmente a la polución atmosférica.

El balance de radiación en las cuencas del mar Caspio y del mar Aral ha cambiado considerablemente debido a la presencia de las grandes extensiones de regadío en la cuenca del mar de Aral. En estas extensiones de riego el balance de radiación llega ser un 60% mayor que las superficies de terreno desérticas. Esto es debido a que el albedo (A) característico de los suelos húmedos con plantaciones presenta valores menores que en las superficies desérticas. Además, la radiación efectiva en estas zonas es inferior a la característica de las zonas más áridas, debido a una temperatura de la superficie del terreno inferior, un mayor contenido de la humedad en la atmósfera, y a las largas longitudes de onda de las radiaciones procedentes de las inversiones térmicas.

Este aumento del balance de radiación (R) en la zona de los campos de regadío, implica un aumento en la transferencia de energía a la atmósfera en forma de calor latente y que:

$$R = LE + P + B$$

donde:

LE: calor transferido relacionado con el cambio de fase (evaporación y condensación)

P: calor transferido entre el suelo y la atmósfera

B: calor gastado por el suelo calentándose y enfriándose. Debido a los pequeños valores de este parámetro y a sus cambios de signo a lo largo del año podemos considerarlo nulo.

La cantidad de energía transferida a la atmósfera, por tanto, de forma directa (P) o de forma latente (LE), dependen principalmente del contenido de humedad del terreno.

Se han tomado registros en las zonas de riego de las cuencas del mar de Aral en diferentes fechas:

$$1960: R = LE + P = 9.6 + 14.6 = 24.2 \frac{MJ}{m^2 \text{ año}}$$
$$1985: R = LE + P = 16.8 + 14.6 = 31.5 \frac{MJ}{m^2 \text{ año}}$$

Vemos como en la época en que la extensión de los campos de regadío ya era importante (1985), el factor de balance de radiación R aumenta considerablemente a expensas del calor transferido en la atmósfera relacionado con el cambio de fase del agua (LE).

Así, del modo en que P interviene en el proceso de intercambio de calor entre la atmósfera y la superficie del terreno que posibilita el proceso de evaporación de las partículas de agua en la misma zona de riego, LE es el calor latente transferido a la atmósfera en forma de vapor de agua y que se transfiere a lo largo de grandes distancias influenciando en los procesos de condensación y evaporación del agua.

Por otro lado, las condiciones geográficas de la zona que une las zonas de riego y la superficie del mar Caspio parecen adecuadas para que este calor latente LE se transfiera hacia la superficie del mar Caspio (ver apartado 1.4, localización y características geográficas). El desierto de Karakumy delimitado de este a oeste por los elevados escarpes de Unguz, Kopetdag Range y Maly Balkhan forman un pasillo de conexión entre las dos zonas por donde podría circular esta humedad atmosférica hacia el mar Caspio gracias a las direcciones de viento adecuadas.

El contenido de humedad registrado en el área de Krasnovodsk (costa SE del mar Caspio) ha presentado la siguiente evolución temporal:

AÑO	HUMEDAD (g/Kg)
1960	16.6
1975	17.4
1978	21.8
1985	19

Tabla 19. Contenido de humedad media [59]

Vemos que en 25 años el contenido en humedad ha aumentado considerablemente (sobre un 20%) y que su máximo crecimiento se produjo a mediados de los 70, disminuyendo su valor en los 80. Se ha observado un aumento similar en el contenido de humedad atmosférico en las ciudades de Charjew y Ashgabat, situadas entre el mar Caspio y los campos de regadío del mar Aral. Esto demuestra que se ha producido un aumento en el contenido de humedad a lo largo del pasillo que conecta el flujo de aire desde las zonas húmedas hasta el mar Caspio.